

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI
PRÓ-DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA ENERGIA

Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Contexto da
Matriz Energética Brasileira:
meio ambiente, mercado e aspectos jurídicos

MAURO MAIA LELLIS

Maio de 2007
Itajubá - MG

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI
PRÓ-DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA ENERGIA

Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Contexto da
Matriz Energética Brasileira:
meio ambiente, mercado e aspectos jurídicos

MAURO MAIA LELLIS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação da
Universidade Federal de Itajubá para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia da Energia.

Orientador: Professor Doutor Jamil Haddad

Co-Orientador: Eng. MSc. Roberto Akira Yamachita

Maio de 2007
Itajubá - MG

MAURO MAIA LELLIS

**Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Contexto da Matriz Energética
Brasileira: meio ambiente, mercado e aspectos jurídicos**

Itajubá, de de 2007.

Dissertação apresentada e aprovada junto ao Curso de Pós-Graduação da Universidade Federal de Itajubá para obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Energia.

Componentes da banca examinadora:

Professor Doutor Jamil Haddad (Orientador)

Eng. MSc. Roberto Akira Yamachita (Co-Orientador)

Professor Doutor Fernando Amaral de Almeida Prado Júnior

Professor Doutor Edson da Costa Bortoni

Professor Doutor Cláudio Ferreira

Dedicatória

À minha mãe, Francisca e ao meu pai, Antônio Eduardo

Agradecimentos

Todas as pessoas que passam pela nossa vida têm uma finalidade Divina. Acreditar em coincidências é não ter fé. Somos um pouco de cada um com quem nos encontramos na vida

Prof. Dr. Jamil Haddad

Prof. Dr. Edson da Costa Bortoni

Jayme Antônio Burgoa

Manoel Bernardino Soares

Paulo Henrique Guerra Simões

José Luiz de Souza

EPÍGRAFE

*“Vocês devem ensinar às suas crianças
que o solo a seus pés é a cinza de nossos avós.
Para que respeitem a terra, digam a seus filhos
que ela foi enriquecida com as vidas de nosso povo.
Ensinem às suas crianças o que ensinamos às nossas,
que a terra é nossa mãe.*

*Tudo o que acontecer a terra, acontecerá aos filhos da terra.
Se os homens cospem no solo, estão cuspidos em si mesmos.*

*Isto sabemos: a terra não pertence ao homem;
o homem pertence à terra.*

*Isto sabemos: todas as coisas estão ligadas
como o sangue que une uma família.*

Há ligação em tudo.

O que ocorrer com a terra recairá sobre os filhos da terra.

*O homem não tramou o tecido da vida;
ele simplesmente é um de seus fios.*

Tudo o que fizer ao tecido, fará a si mesmo.

*Mas quando de sua desaparecimento, vocês brilharão intensamente,
iluminados pela força do Deus que os trouxe a esta terra
e por alguma razão especial lhes deu domínio sobre a terra
e sobre o homem vermelho.*

*Esse destino é um mistério para nós,
pois não compreendemos*

*que todos os búfalos sejam exterminados,
os cavalos bravios sejam todos domados,
os recantos secretos da floresta densa
impregnados do cheiro de muitos homens,*

e a visão dos morros obstruída por fios que falam.

Onde está o arvoredo? Desapareceu.

Onde está a águia? Desapareceu.

É o final da vida e o início da sobrevivência.”

CHEFE SEATTLE

Trecho da carta do Chefe Seattle ao Presidente Franklin Pierce
EUA –1854*

* DIAS, Genebaldo Freire. *Educação ambiental princípios e práticas*. 4.ed. São Paulo: Editora Gaia Ltda., 1992, p.375-376.

RESUMO

Constituem objetivos deste estudo científico: comprovar a importância da inserção de fontes de energia renovável na matriz energética brasileira, com vistas à preservação do meio ambiente; relacionar essa alteração com o Protocolo de Quioto; e identificar as oportunidades mercadológicas decorrentes deste documento. Para tanto, procede-se à análise das fontes de energia renovável mais importantes como a hidráulica (PCH), a solar, a eólica, a geotérmica, a de biomassa e a dos oceanos, destacando seu papel fundamental no âmbito do desenvolvimento sustentável, com absoluta prioridade de uso em relação aos combustíveis fósseis poluidores. Também, são verificados os fatores políticos e econômicos, em nível mundial, que dificultam a expansão mais agressiva do uso das fontes alternativas de energia. Destaque especial é dedicado ao Brasil, país onde se observa o reflexo das interferências internacionais e também, a predominância de uma postura política acomodada e pouco sensível, pois submetida aos ditames de um mercado preso à filosofia da economia global, por priorizar o lucro em detrimento do desenvolvimento sustentável. Em tal cenário, o Estado passa a exercer o papel de regulador do sistema, porém permanecendo como promotor do desenvolvimento político-econômico da nação.

Palavras-chave: Energia alternativa – certificados – mecanismo de desenvolvimento limpo – efeito estufa – direito ambiental

ABSTRACT

This work aims to prove the importance of including renewable energy into Brazil's energy matrix, with a view to preserving the environment, as well as to relate this alteration with the Kyoto Protocol and to identify market opportunities arising out of such document. For that, I have analyzed the most important renewable energy sources, such as small hydroelectric power plants, solar energy, wind energy, geothermal energy, biomass, and energy from the oceans, and their relevance to sustainable development, whose use is a priority regarding polluting fossil fuels. Also, I have verified policies and economic factors, on a global level, which make the expansion of alternative energy sources difficult. In this context, the Government has the function of regulator, and as such, it fosters the social and economic development of the nation.

Key-words: alternative energy – certificates – clean development mechanism - greenhouse effect - environment law

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRACE	Associação Brasileira dos Grandes Consumidores Industriais de Energia
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
AND	Agência Nacional de Desenvolvimento
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BIG/GT	<i>Biomass Integrated Gasifier/Gás Turbine System</i> (Gaseificador Integrado de Biomassa/Sistema de Turbina e Gás)
BTU	<i>British Thermal Unit</i> (Unidade Térmica Britânica)
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CEBDS	Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEPEL	Centro de Pesquisas em Energia Elétrica
CER	Certificado de Energia Renovável
CF	Constituição da República Federal de 1988
CMSE	Comitê e Monitoramento do Setor Elétrico
CNER	Certificados Negociáveis de Energia Renovável
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNRS	Colóquio Internacional do Centro Nacional de Pesquisa Científica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP	Conferência das Partes
CRE	Certificado de Redução de Emissão
EGTT	Grupo de Especialistas em Transferência Tecnológica
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras SA
EUA	Estados Unidos da América
FAR	Fontes Alternativas Renováveis

GEE	Gases de Efeito Estufa
IET	Comércio Internacional de Emissões
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério das Minas e Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODEEN	Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
PIEE	Produtor Independente de Energia Elétrica
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PCT	Pequena Central Termelétrica
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
SIN	Sistema Interligado Nacional
TGCC	Turbinas a Gás com Ciclo Combinado
UNCED	<i>United Nations Conference on Environment and Development</i> (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento)
UNESCO	<i>United Nations Educational Scientific and Cultural Organization</i> (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura)

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Variações sazonais dos níveis de radiação solar	38
FIGURA 2 - Declinação solar	39
FIGURA 3 - Vista geral da PCH Pai Joaquim – CEMIG	98
FIGURA 4 - Central Eólica do Morro do Carmelinho-MG (1MW).....	99
FIGURA 5 - Sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica	100
FIGURA 6 - Sistema fotovoltaico fixo	101
FIGURA 7 - Sistema fotovoltaico com rastreador solar	101
FIGURA 8 - Concentradores cilíndrico-parabólicos.....	103
FIGURA 9 - Usina termelétrica	104
FIGURA 10 - Gaseificador de carvão – Usina de Formoso.....	105
FIGURA 11 - Gaseificador de biomassa – UNIFEI (Itajubá)	106
FIGURA 12 - Sistema de irrigação com pivô acoplado a bomba	106
FIGURA 13 - Microdestilaria de álcool	107
FIGURA 14 - Microturbina_Capstone – UNIFEI (Itajubá)	108
FIGURA 15 - Biomassa (esquerda) e Gaseificador de biomassa (direita).....	108
FIGURA 16 - Célula Combustível – CEMIG.....	109
FIGURA 17 - Gerador Elétrico da Usina Luiz Dias (PCH)	110
FIGURA 18 - Grupo motor gerador diesel.....	110
FIGURA 19 - Imagens da Companhia Vale do Rosário	111
FIGURA 20 - Localização da Companhia Vale do Rosário	112
FIGURA 21 - Vista aérea da Companhia Vale do Rosário	112
FIGURA 22 - Certificado de Registro de Crédito de Carbono da Companhia Vale do Rosário	114

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Recursos e Reservas Energéticas Brasileiras em 31.12.2005.....	75
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Consumo de energia primária no Século XX	30
GRÁFICO 2 - Percentual de emissão dos cinco principais poluentes	32
GRÁFICO 3 - Oferta interna de energia: estrutura de participação das fontes.....	76
GRÁFICO 4 - Matriz de oferta de eletricidade – 2005 (%e TWh) Elétrica Brasileira	78
GRÁFICO 5 - Curva de aprendizagem.....	84
GRÁFICO 6 - Produção de bagaço-de-cana – Companhia Vale do Rosário.....	115
GRÁFICO 7 - Produção de energia elétrica pelo uso de biomassa– Companhia Vale do Rosário...	115

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Principais características das fontes de energia renovável	35
QUADRO 2 - Progressão do uso da energia renovável no mundo	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 MEIO AMBIENTE E FONTES ENERGÉTICAS	17
2.1 O homem e o meio ambiente.....	18
2.2 Desenvolvimento sustentável	20
2.3 Energia e implicações ambientais	24
2.4 Fontes de energia.....	26
2.4.1 Fontes primárias de energia.....	29
2.4.2 Fontes de energia não-renováveis	30
2.5 Fontes de energia renováveis	33
2.5.1 Energia hidráulica	36
2.5.2 Energia solar.....	37
2.5.3 Energia eólica.....	39
2.5.4 Energia de biomassa.....	40
2.5.5 Energia Geotérmica.....	41
2.5.6 Energia dos oceanos	42
3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E ENERGIA ELÉTRICA	43
3.1 Direito Ambiental Internacional	43
3.2 Direito Ambiental e a Constituição Federal de 1988	45
3.3 Legislação ambiental infraconstitucional.....	49
3.4 Planejamento energético	50
3.5 Política energética	51
3.6 Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica.....	52
3.6.1 Primeira e segunda chamadas do PROINFA.....	56
4 CRÉDITOS DE CARBONO: CERTIFICADOS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES E CERTIFICADOS NEGOCIÁVEIS DE ENERGIA RENOVÁVEL	58
4.1 O protocolo de quioto e o mecanismo de desenvolvimento limpo.....	59
4.1.1 O MDL, a <i>Conferência de Marraqueche</i> e demais <i>Conferências das Partes</i>	63
4.2 Origem e Aplicação dos Créditos de Carbono e dos Certificados de Energia Renovável	65
4.3 As Aplicações dos CREs como forma de incrementar a oferta de energia alternativa.....	67
4.4 A Participação no mercado dos Certificados Negociáveis de Energia Renovável	71
5 A DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	73
5.1 Composição da matriz energética brasileira em face da mudança de paradigma ambiental.....	74
5.2 Impactos dos incentivos governamentais e dos instrumentos voluntários na diversificação da matriz de energia.....	83
5.3 Perspectivas do setor elétrico brasileiro no mercado dos CREs	89
6 ESTUDOS DE CASOS	95
6.2 Critério de escolha das empresas	96
6.2.1 Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG	97
6.2.2 Companhia Açucareira Vale do Rosário	111
7 DISCUSSÃO	116
8 CONCLUSÃO	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127

1 INTRODUÇÃO

Como é que se pode comprar ou vender o céu, o calor da terra? Essa idéia nos parece estranha.

Se não possuímos o frescor do ar e o brilho da água, como é possível comprá-los? Cada pedaço desta terra é sagrado para o meu povo. Cada ramo brilhante de um pinheiro, cada punhado de areia das praias, a penumbra na floresta densa, cada clareira e inseto a zumbir são sagrados na memória e experiência de meu povo. A seiva que percorre o corpo das árvores carrega consigo as lembranças do homem vermelho.

CHEFE SEATTLE (1854)

Escrita no século XIX, a carta do cacique da tribo Seattle, endereçada ao presidente dos Estados Unidos da América, Franklin Pierce, representa um dos mais importantes registros históricos de defesa do meio ambiente. Ela comprova que a preocupação com a destruição da Terra pelo próprio Homem, mediante a agressão sistematizada à natureza, em nome do desenvolvimento econômico, advém da nobre e evoluída visão ambientalista dos povos primitivos do planeta.

O protesto poético e emocionado do chefe Seattle ganha ênfase poucos anos depois com a publicação, em 1896, do artigo *On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature on the ground*, no qual o autor Svente Arrhenius, alerta que as emissões de CO₂ a partir da queima de combustível fóssil resultariam no aquecimento da Terra, já trazendo à discussão as conseqüências do efeito estufa, aliás, incontestável, pois plenamente confirmada pelas mudanças globais médias observadas desde então.

Segundo Farias¹ somente após a Segunda Guerra Mundial que a Humanidade passou a demonstrar preocupações com os direitos individuais, tais como o direito à liberdade e o direito à vida, passando a ver o Homem inserido no ambiente natural e, assim, a vincular o seu bem-estar e desenvolvimento à sua preservação. Em vista disso, o direito ao meio ambiente sadio e equilibrado somente ao final do século XX é que passou a ser visto como um dos mais importantes direitos do Homem.

¹ FARIAS, Paulo José Leite. *Competência federativa e proteção ambiental*. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris Editor, 1999, *apud* SANTOS, Afonso Henrique Moreira; HADDAD, Jamil; MASSELI, Sandro. As fontes alternativas renováveis de energia e a sociedade: uma análise institucional. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.137-159, abr. 2004, p.140.

Em vista de sua relevância, o direito a um meio ambiente sadio e equilibrado foi elevado pela doutrina jurídica a direito fundamental de terceira geração², estando incluído entre os chamados “direitos de solidariedade”, “direitos de fraternidade” ou “direitos dos povos”, adquirindo o *status* de um dos mais importantes direitos humanos do século XXI. A sua inobservância faz com que o homem seja seriamente ameaçado naquilo que lhe é mais: a sua própria existência.

Asseveram Santos, Haddad e Masseli³ que o princípio jurídico da defesa do meio ambiente ganha tamanha amplitude que passa a impor a racionalidade da preservação ambiental às normas de variados ramos, redimensionando a legitimidade do Direito. Por “racionalidade da preservação ambiental” pode-se entender a síntese do desenvolvimento sustentável, conforme explicitado no Princípio 3 da *Declaração do Rio de Janeiro*, de 1992: “O direito ao desenvolvimento deve ser exercido de forma tal que responda equitativamente às necessidades ambientais e de desenvolvimento de gerações presentes e futuras”. Trata-se, pois, de disciplinar como e o que utilizar no momento presente, de maneira a resguardar, fundamentalmente, a disponibilidade de recursos naturais e a capacidade ambiental de absorver os produtos desse uso.

É frequente, nesse contexto, o uso do discurso do desenvolvimento sustentável por aqueles que defendem a ampliação da geração por fontes renováveis de energia sem abrir mão do atual modelo de desenvolvimento. Ou seja, defendem que a economia poderá continuar a crescer indefinidamente e que a demanda de energia poderá crescer junto, sem prejudicar a economia, se forem usadas as fontes renováveis. Mas essa idéia encerra inegável incongruência. Alguns autores chegam, até mesmo, a defender a tese de que há contradição na expressão “desenvolvimento sustentável”, pois nenhum desenvolvimento pode ser sustentável. Outros acreditam que a economia poderá inserir todo o custo ambiental nos produtos poluentes, apesar das dificuldades de se quantificar estes custos.

Para Goldemberg⁴, “o crescimento esperado no consumo futuro de energia deu origem a vários cenários construídos para prever a combinação de fontes no próximo século,

² Segundo Bonavides: “[...] a terceira geração de direitos surge a partir da consciência de um mundo partido entre nações desenvolvidas e subdesenvolvidas, que exige a fraternidade para a proteção do gênero humano, correspondendo ao meio-ambiente, ao desenvolvimento, à paz, ao patrimônio comum da humanidade.” (Bonavides, Paulo. *I Curso de Direito Constitucional*. 6. ed., p 516-524)

³ SANTOS, Afonso Henrique Moreira; HADDAD, Jamil; MASSELI, Sandro. As fontes alternativas renováveis de energia e a sociedade: uma análise institucional. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a.1, n.001, p.140-141, abr. 2004.

⁴ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.116.

alguns deles com uma ênfase especial no uso de fontes renováveis”. Conforme seu entendimento:

A principal causa dos problemas ambientais relacionados ao uso da energia [...] é o emprego de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), seja na produção de eletricidade, no setor de transportes ou da indústria. [...] A maneira mais óbvia de resolver o problema é a remoção das causas, o que, evidentemente, é uma tarefa difícil, pois os combustíveis fósseis respondem por mais de 90% do consumo atual de energia mundial. Contudo, não é impossível, pois as fontes de energia renovável existem e podem, com o tempo, substituir a maioria dos combustíveis fósseis utilizados hoje em dia.⁵

O crescimento econômico dos últimos duzentos anos, baseado em combustíveis fósseis, tem sido um forte responsável pelo crescente desequilíbrio ambiental, mostrando-se indiscutivelmente incapaz de absorver o custo destas externalidades de energia, a ponto de reverter tal quadro de degradação. O que se pode constatar nesta fase do processo é que as fontes renováveis não têm conseguido competir com as fontes fósseis, pois o mercado liberal só considera os custos médios de sua implantação e geração, reagindo com indiferença às externalidades energéticas. Deve-se considerar, também, que o aumento da geração de energia de forma ilimitada, mesmo com a utilização de fontes renováveis, pode, igualmente, tornar-se insustentável. Existe, ainda, a questão social. O fato de o atual modelo de desenvolvimento gerar uma constante dependência tecnológica dos países em desenvolvimento em relação aos desenvolvidos só agrava a precariedade e a injustiça do quadro social destes países, uma vez que um mercado dependente não gera os empregos necessários ao seu equilíbrio econômico. Essa tendência pode ser comprovada quando se observa o reduzido número de empresas e equipamentos nacionais que participam, atualmente, do mercado de fontes renováveis de energia, bem como o baixo incentivo para as pesquisas científicas na área⁶.

As iniciativas dos setores governamentais mais expressivas nesse campo, no Brasil, são patrocinadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, que, desde o início da *Convenção do Clima*, tem sido um alicerce técnico para o Ministério das Relações Exteriores. Destaca-se, nesse sentido, a atuação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), pela promoção de ações relacionadas à questão das mudanças climáticas. Cita-se, por exemplo, o trabalho que resultou no *Protocolo de Intenções* com o Ministério de Ciência e Tecnologia e o

⁵ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.135.

⁶ LIMA, Felipe Palma; BERMAN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004, p.9.

PNUD para cooperação técnico-institucional em ações relativas às mudanças do clima e inventário dos gases causadores do efeito estufa. Outra iniciativa importante foi a ação do Grupo de Trabalho com a ANP, para tratar da eficiência energética.

A ANEEL vem desenvolvendo projetos de referência para o estímulo ao emprego de fontes renováveis de energia na geração de eletricidade, incentivados pelo PROINFA, com o emprego das fontes eólica, solar e biomassa. As resoluções da Agência que se referem a Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) podem ser citadas como outro incentivo ao uso de fonte renovável para a geração elétrica em sistemas isolados. Trata-se de uma alternativa não emissora de CO₂ no uso de térmicas que utilizam como combustível o óleo diesel.

O incentivo decorrente dos mecanismos legais e o apoio governamental, ambos ditados pelas novas diretrizes impostas pelo *Protocolo de Quioto*, têm permitido ao mercado brasileiro de energia elétrica reagir de forma positiva, porém crítica, ao novo contexto ambiental que se impõe incisivamente ao redirecionar a performance da sua matriz energética, agora mais voltada para a exploração das fontes de energia renovável. A implementação do MDL, atuando como suporte de expansão da geração e consumo de energia limpa nos países em desenvolvimento, objetiva o favorecimento do retorno de investimentos da iniciativa privada no setor elétrico.

Na esteira da nova tendência mundial de redução de emissões de gases de efeito estufa, conforme estabelece o *Protocolo de Quioto*, o Certificado de Emissões Reduzidas e o Certificado de Energia Renovável se apresentam como instrumentos impulsionadores do desenvolvimento sustentável, como restará demonstrado no decorrer deste trabalho científico.

2 MEIO AMBIENTE E FONTES ENERGÉTICAS

Os mortos do homem branco esquecem sua terra de origem, quando vão caminhar entre as estrelas. Nossos mortos jamais esquecem esta bela terra, pois ela é a mãe do homem vermelho. Somos parte da terra e ela faz parte de nós. As flores perfumadas são nossas irmãs; o cervo, o cavalo, a grande águia são nossos irmãos. Os picos rochosos, os sulcos úmidos nas campinas, o calor do corpo do potro, e o homem – todos pertencem à mesma família.

CHEFE SEATTLE (1854)

No cálculo que se tornou clássico na literatura científica popular, o astrônomo Carl Sagan⁷ – sustentou que se toda a história do universo pudesse ser comprimida em um único ano os seres humanos teriam surgido na Terra há apenas sete minutos. Nesse período, o homem inventou o automóvel e o avião, viajou à Lua e voltou, criou a escrita, a música e a Internet, venceu doenças, triplicou sua própria expectativa de vida. Mas nesses mesmos sete minutos a espécie humana agrediu a natureza mais que todos os outros seres vivos do planeta em todos os tempos. A natureza está, agora, cobrando a conta pelos excessos decorrentes da atividade industrial e da interferência do homem na reprodução e no crescimento dos animais que domesticou.

A conscientização das significantes interferências que sistemas humanos impõem aos sistemas naturais, ao conseqüente desequilíbrio ambiental e aos impactos irreversíveis que este produz nos sistemas humanos e naturais revela um contexto mundial caracterizado por drásticas mudanças nos paradigmas que orientam a organização da sociedade humana. Segundo Semida Silveira, Lineu Belico dos Reis e Luiz Cláudio Ribeiro Galvão:

Problemas como o aquecimento global, a ocorrência de grandes desastres ecológicos, a existência de grandes populações vivendo em condições de profunda pobreza e a má distribuição de riqueza natural e humana, demonstraram os aspectos ecologicamente predatórios, socialmente perversos e politicamente injustos do paradigma de desenvolvimento que vinha sendo adotado particularmente desde o período pós-guerra.⁸

⁷ SAGAN, Carl. *apud* BARBOSA, Bia. A natureza contra-ataca. *Revista Veja*. São Paulo, ano 34, n. 15, ed. 1.696, p.93, 18 abr. 2001)

⁸ SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. *In*: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, cap.1, p.17, 2000.

Essas constatações motivaram a busca de um novo paradigma de preservação ambiental, capaz não apenas de contribuir para superar os atuais problemas, mas também de garantir a própria vida, mediante a proteção e manutenção dos sistemas naturais que a tornam possível.

Diante de tais evidências, as fontes de energia - em destaque, aquelas advindas dos combustíveis fósseis-, ganham evidente contorno, uma vez que são as grandes responsáveis, direta ou indiretamente, pelo desequilíbrio do meio ambiente. Neste capítulo, é abordada a interface entre as atividades humanas relacionadas à energia e o meio ambiente, e, ainda, medidas de mitigação dos eventuais danos a este causados.

2.1 O homem e o meio ambiente

Tradicionalmente, a Terra se adapta às novas condições ambientais, e as espécies evoluem para poder sobreviver: “Ninguém se banha duas vezes no mesmo rio”, ensinou Heráclito. Da mesma forma, a interação entre ambientes provoca, a cada momento, a certeza de que estamos falando de um novo ser humano, pois os níveis de autoconsciência e da percepção do mundo se expandem em um processo contínuo. Algumas espécies ficaram pelo caminho. Nós as perdemos. Mas se o Planeta se submete aos caprichos humanos, também é verdade que ele se vinga quando agredido continuamente, dando-nos a certeza de que a cada ação corresponde uma reação.⁹

Nesse processo, o meio ambiente interfere de forma contundente na vida do ser humano, que vive em uma teia de relações, a que Ruy Jornada Krebs¹⁰, sob a ótica dos ensinamentos de Bronfenbrenner, denomina de “desenvolvimento contextualizado”, afirmando que qualquer hipótese de mudança ou integração imposta às pessoas por ambientes ora receptivos, ora adversos, está condicionada ao cotidiano. Sendo assim, o desenvolvimento humano está diretamente ligado ao ambiente. De acordo com Séguin:

Essas interações se processam em dois níveis: o da biosfera e o da sociosfera. No primeiro aspecto temos a prevalência dos condicionamentos naturais sobre o

⁹ SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000, p.26.

¹⁰ KREBS, Ruy Jornada. *Teoria dos sistemas ecológicos*. Santa Maria-RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1998, p.13.

desenvolvimento humano. A sociosfera ou meio social, caracterizada pelos valores e normas ligadas ao grupo e ao tempo, possui um apelo cultural.¹¹

A questão ambiental tem, assim, grande correlação com a educação, a saúde e a economia. A primeira é prevista no inciso VI do art. 225 da Constituição da Federal, como forma de preservação ambiental. Realmente, é por meio do acesso à informação e à educação, como um dos Direitos Humanos, que as pessoas introjetam comportamentos e posturas. A consciência da necessidade de preservação vem do conhecimento da consequência que um comportamento adverso pode gerar para o próprio homem, pois preservar o meio ambiente é também uma forma de autopreservação. Mas somente aqueles que conhecem a extensão dos danos recíprocos é que estão aptos para defender a Natureza. Porém, no cerne desta conscientização, as preocupações naturais do Ter sufocam as idéias humanísticas do Ser.

Para Williams¹²:

Homo homini et ambienti lupus. Com la no disimulada intención de actualizar el dos veces milenario pensamiento de Paluto, recogido mil quinientos años después por Bacon al proponer como ideal científico la sumisión a la realidad para su mejor dominio, y casi coetáneamente com él por Hobbes em su difundida obra Leviathan, o homem transforma-se em lobo para si próprio e para o meio ambiente.¹³

Para Séguin¹⁴, “o surgimento do *homo ambiens* seria um *iter* a ser percorrido até findarem as origens antropogênicas da contaminação.”

É o que se comprova no início do terceiro milênio, quando o homem busca um retorno à natureza, mas, simultânea e contraditoriamente à universalização dos meios de produção e de desenvolvimento. O *tao* será o resgate da sabedoria dos pajés, com a adoção de antigas práticas e teorizações ontológicas, e a diminuição da distância que separa pobres e ricos. Almeja-se estabelecer uma nova ordem epistemológica¹⁵ para a economia e a administração da vida, por meio de um processo de globalização visto com ambivalência, já que para uns ele representa a solução dos problemas mundiais pela solidariedade, fazendo

¹¹ SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000, p.16.

¹² WILLIAMS, Silvia Maureen. *El riesgo ambiental y sua regulación*. Buenos Aires: Abeledo-Perrot, 1998, p.17, *apud* SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000, p.11-12.

¹³ WILLIAMS, Silvia Maureen. *El riesgo ambiental y sua regulación*. Buenos Aires: Abeledo-Perrot, 1998.

¹⁴ SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000, p.12.

¹⁵ Pela adoção de uma visão crítica dos princípios, hipóteses e resultados das ciências já constituídas, visando determinar os fundamentos lógicos, o valor e o alcance objetivo delas.

surgir o homem universalista, enquanto que para outros é perverso, porque ameaça a raça humana de destruição.

Há, portanto, que se estabelecer uma convivência saudável entre o homem e o meio ambiente, possibilitando que a própria espécie humana encontre condições de evolução no Planeta, mediante o que se denomina de “desenvolvimento sustentável”.

2.2 Desenvolvimento sustentável

Considera-se que o marco formal mais importante da mudança de atitude em relação à questão do meio ambiente foi o relatório *Nosso Futuro Comum*, da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Resolução 38/161 da Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), de 1983, presidida pela primeira-ministra da Noruega Gro Brundtland. Neste documento, definiu-se desenvolvimento sustentável como sendo aquele que as necessidades do presente devem ser atendidas sem comprometer as possibilidades de futuras gerações atenderem às suas. Assim, nasceu o modelo do desenvolvimento sustentável, que vem exigir a necessidade de profundas mudanças nos atuais sistemas de produção, na reorganização da sociedade humana e na utilização de recursos naturais essenciais à vida humana e a outros seres vivos.

O que se constata, porém, no entendimento de Silveira; Reis; Galvão¹⁶, é que os valores que sustentam o paradigma de desenvolvimento ainda vigente na sociedade atual dão exagerada ênfase ao crescimento econômico, o que frequentemente implica a exploração descontrolada dos recursos naturais, o uso de tecnologia de larga escala e o consumo desenfreado. Esses valores têm gerado grandes desastres ecológicos, disparidades e desintegração social, falta de perspectivas futuras e marginalização de regiões e indivíduos, guerras localizadas, violência urbana etc.

Nesse cenário, o contexto ecológico impactará, principalmente, pelo caráter eminentemente não-linear da distância dos sistemas existentes. Será preciso incorporar a pluralidade dos ecossistemas tanto na sociedade moderna global quanto nas sociedades periféricas, nas quais as formas tradicionais de produção e cultura ainda dominam. Além

¹⁶ SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*: introdução a uma visão multidisciplinar. São Paulo: Ed USP, 2000. cap.1, p.17-42.

disso, as próprias relações entre o moderno e o tradicional devem ser revistas em sua multiplicidade, já que essa multiplicidade sugere diversas respostas para os problemas da sustentabilidade de acordo com cada contexto, informam os referidos autores.

Segundo essa visão, um sistema baseado no uso racional de recursos renováveis, na reciclagem de materiais, na distribuição justa dos recursos naturais e no respeito a outras vidas oferece a solução com equilíbrio dinâmico e harmônico entre vida humana e natureza. Além disso, a busca por um balanceamento adequado entre o enfoque global e as indissiocrasias locais demanda flexibilidade na escolha das tecnologias apropriadas e das formas de gerenciamento mais eficazes em cada caso. Cabe ainda um papel importante para as ciências econômicas: definir novos conceitos de eficiência e estimar os custos e benefícios sociais e ambientais das atividades humanas sustentadas. Na lição de Séguin¹⁷: “O avanço da economia não pode ser alcançado a qualquer preço. A sustentabilidade do desenvolvimento, conforme previsto no art. 170, VI, da CF, introduz um novo condicionante que viabiliza o progresso do homem com respeito à Natureza”.

É consenso que a questão da sustentabilidade do desenvolvimento exige uma revisão das estratégias de desenvolvimento e das tecnologias que vêm sendo usadas tanto em países industrializados quanto em países em desenvolvimento, bem como dos padrões de consumo e estilos de vida da sociedade moderna. Na verdade, o processo de degradação ambiental oferece uma oportunidade para o questionamento das estratégias e práticas de desenvolvimento industrial que se intensificaram no pós-guerra. O que se tem é um quadro rico em problemas ambientais globais, tais como a mudança do clima, a chuva ácida e a destruição da camada de ozônio. Como explicam Semida Silveira, Lineu Bélico dos Reis e Luiz Cláudio Ribeiro Galvão:

E este é o motivo pelo qual os países em desenvolvimento têm sido cautelosos nas discussões que visam encontrar soluções para tais problemas. Particularmente, trata-se de evitar que a divisão dos custos das ações mitigadoras destes problemas venham a afetar as economias já debilitadas dos países em desenvolvimento, perpetuando a distorcida distribuição de riquezas em nível global.¹⁸

Na década de 1970, os problemas ambientais centravam-se no crescimento populacional e na industrialização exacerbada. A contaminação da baía de Minamata,

¹⁷ SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000, p.10.

¹⁸ SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, 2000. cap.1, p.17.

localizada no Japão, ocorrida em 1956, mas reconhecida pelo governo japonês somente em 1968, abriu a angulação da questão. Diante da catástrofe, o Clube de Roma coloca como *conditio sine qua non*, para impedir a ocorrência de novos acidentes ambientais, a redução da taxa de crescimento industrial. Paul Erlich, na obra *The Population Bomb*, apontou a possibilidade de uma ecocatástrofe se a explosão populacional continuasse. O homem tenta a manipulação do ambiente, mas, segundo Lima¹⁹, “embora seja reflexo da elevada capacidade intelectual do homem, não constitui necessariamente uma vantagem”.

Neste cenário conturbado, a *Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente*, realizada em Junho de 1972, em Estocolmo, jogou as luzes sobre a questão, levantando a discussão e a procura de soluções.

Na busca desse equilíbrio sociocósmico, os povos têm-se reunido em eventos como a *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED), realizada no Rio de Janeiro, em 1992, da qual resultou a importante Resolução 44/228, que ressalta a necessidade de focar a proteção ambiental, em um contexto de íntima relação entre pobreza e degradação. Igualmente, reconhece que a maioria dos problemas da poluição é causada pelos países desenvolvidos, que terão, em vista disso, maior responsabilidade em combatê-los. Sugere, ainda, que recursos e tecnologias sejam colocados à disposição dos países em desenvolvimento para reverter seu processo de degradação ambiental e que uma solução urgente e eficaz seja encontrada para o problema das dívidas externas, requisito fundamental para o estabelecimento de uma estratégia de desenvolvimento sustentável.

A Unced resultou em cinco documentos:

- Agenda 21;
- Convenção do Clima;
- Convenção da Biodiversidade;
- Declaração do Rio; e
- Princípios sobre Florestas.

Esses acordos internacionais têm por objetivo modificar os sistemas antropogênicos em direção ao desenvolvimento sustentável. A *Convenção do Clima*, em particular, é de grande relevância para a questão energética, por ter uma relação direta com o uso de combustíveis fósseis e com a emissão de dióxido de carbono (CO₂), um dos principais gases provocadores do efeito estufa. Nesta convenção, foram estabelecidas as bases para

¹⁹ LIMA, Celso Piedemonte de. *Evolução Humana*. São Paulo: Ática, 1990, p.83.

ações que visam estabilizar as emissões dos gases resultantes de atividades antropogênicas e que provocam o efeito estufa, a fim de restringir as mudanças climáticas a um nível tal que permita uma adaptação adequada dos ecossistemas naturais e da sociedade como um todo.

Também há que se destacar a *Convenção-Quadro sobre Mudança de Clima*, instituída, em 1992, pelas Nações Unidas, que culminou, em 1997, com a adoção do Protocolo de Quioto, segundo o qual os países industrializados reduziram suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em, pelo menos, 5% em relação aos níveis de 1990, até o período entre 2008 e 2021. O objetivo proposto é a reversão da tendência histórica de crescimento das emissões iniciadas nesses países há cerca de 150 anos.

De acordo com Séguin²⁰: “A dicotomia preservar x desenvolver é solucionável se as partes dessa inócua batalha procederem de uma forma correta sem extremismos ou ecociitismo. Essa forma de agir traduz-se nos princípios que regem o desenvolvimento sustentável, ou o codesenvolvimento, que surge para compatibilizar as vertentes *progresso* e *preservação ambiental*”, a saber:

- O crescimento econômico dos países não pode ser fulcrado na alteração da qualidade de vida e do ambiente ecologicamente equilibrado.
- O progresso econômico deve atender às necessidades humanas de emprego, alimentação, energia, água e saneamento.
- O controle da população mundial deve ser mantido em um patamar sustentável, que permita o desenvolvimento sem comprometer o meio ambiente.
- É preciso conservar e melhorar a base de recursos, com a redução da emissão dos poluentes.
- Deve-se orientar a tecnologia e administrar o risco, adotando critérios de ecoeficiência e de participação.
- O meio ambiente e a economia devem ser incluídos no processo de tomada de decisões.
- Técnicas de produção e circulação devem ser adotados.

²⁰ SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000, p.73.

Para Séguin²¹, são fatores essenciais para um desenvolvimento harmonioso: o progresso da tecnologia; a difusão do conhecimento e dos valores culturais através dos meios de informações e comunicação; os sujeitos ativos ou beneficiários – seres humanos e os povos; as obrigações – responsabilidades atribuídas aos Estados, individual e coletivamente, e as responsabilidades que recaem sobre os seres humanos individual e coletivamente; e os sujeitos passivos – os que arcam com tais responsabilidades. No entendimento da autora:

O desenvolvimento sustentável precisa ser encarado como uma necessidade global, um estilo de vida adotável, para que os recursos ambientais, que são finitos, não esgotem. Nesta nova filosofia de vida, o progresso econômico, compatibiliza-se com o desenvolvimento social e cultural da humanidade.

O cuidado com a questão ambiental passa, portanto, pela conscientização ecológica, em todas as camadas da sociedade, e, ainda, pela inserção de políticas ambientais que atinjam, também, os setores industriais, com ênfase no segmento energético.

2.3 Energia e implicações ambientais

Nos últimos cinco anos, segundo Silveira; Reis; Galvão²², a questão energética assumiu posição central na agenda ambiental global, principalmente, nas negociações da *Convenção do Clima*. Isto porque a atual matriz energética mundial depende, ainda, em quase 80%, de combustíveis fósseis, cuja queima contribui para aumentar rapidamente a concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. De modo geral, porém, pode-se dizer que a importância da busca de maior eficiência energética e da transição para o uso de recursos primários renováveis tem sido ressaltada em toda e qualquer avaliação sobre desenvolvimento sustentável.

Ainda para Silveira; Reis; Galvão, o setor energético produz impactos ambientais em toda a sua cadeia de desenvolvimento, desde a captura de recursos naturais básicos para seus processos de produção até seus usos finais por diversos tipos de consumidores. Do ponto

²¹ SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000, p.83.

²² SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, 2000. cap.1, p.17-42.

de vista global, a energia tem participação significativa nos principais problemas ambientais da atualidade, dentre eles:

Poluição do ar urbano. Um dos problemas atuais mais visíveis deve-se ao transporte e à produção industrial. Está largamente ligada ao uso de energia. A produção de eletricidade a partir de combustíveis fósseis é uma fonte de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) e partículas. Há também problemas de poluição de interiores devido a emissão de CO durante atividades domésticas com uso de determinadas fontes energéticas, principalmente, em áreas rurais.

Chuva ácida. Resulta do feito da poluição causado por reações ocorridas na atmosfera com o dióxido de enxofre (SO₂) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), que levam à concentração de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido nítrico (HNO₃), na chuva. Ao depositarem-se nos solos, esses ácidos têm efeitos bastante negativos na vegetação e nos ecossistemas. O uso de carvão mineral, por exemplo, é um dos grandes causadores da chuva ácida na Europa.

Efeito estufa e as mudanças climáticas. Ocorrem em função da modificação na intensidade da radiação térmica emitida pela superfície da Terra, por causa do aumento da concentração dos gases-estufa na atmosfera. Acredita-se que este aumento de concentração se deve, principalmente, a ações antropogênicas relacionadas com atividades industriais.

Desflorestamento e a desertificação. Relacionam-se, respectivamente, com: a) a destruição de florestas, devido a poluição do ar, à urbanização, à expansão da agricultura, à exploração de produtos florestais e a regeneração inadequada; e b) a degradação da terra em áreas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, em função do impacto humano adverso relacionado com o cultivo e as práticas agrícolas inadequadas, bem como o desflorestamento. Este último tem influência no aquecimento global, já que as florestas possuem poder de absorção dos gases-estufa.

Degradação marinha e costeira (bem como de lagos e rios). Vem da descarga de materiais poluentes nos cursos de água e na atmosfera, causadores de 75% deste tipo de degradação. O restante vem da navegação, da mineração e da produção de petróleo.

Alagamento. Também compreende a perda de áreas de terras agricultáveis ou de valor histórico, cultural e biológico. Está relacionado, principalmente, com o desenvolvimento de barragens e reservatórios, os quais podem ser criados para a geração de eletricidade. Hidrelétricas inundam áreas de terra, trazendo problemas sociais relacionados com o reassentamento de populações.

Um fator de grande influência nos cenários energéticos é a implantação dos controles e ações previstos na *Convenção do Clima*. Em negociações recentes e acordadas no *Protocolo de Quioto*, em 1997, foram estabelecidas metas de controle de emissões dos gases-estufa até o ano de 2012. A influência do processo de descarbonização nos setores de infraestrutura é significativa. No setor elétrico, há o desenvolvimento de tecnologias para diminuir o impacto ambiental negativo de usinas movidas a carvão mineral e derivados usuais do

petróleo; propiciar maior penetração do gás natural, que é ambientalmente mais limpo do que outros combustíveis fósseis; promover o desenvolvimento de centrais nucleares mais seguras e com minoração dos problemas de resíduos; incentivar o uso das fontes primárias renováveis, tais como: hidrelétricas, solares, eólicas, biomassa e células de combustível.

Segundo Santos, Haddad e Masseli²³, ao se tratar das fontes renováveis de energia, tem-se em mente um ciclo fechado, em que os produtos resultantes de seu uso retornarão à sua forma primária, produzindo uma energia útil nessa transformação, e utilizando-se da energia solar para voltar ao início do ciclo. No entanto, resulta também desse processo um desequilíbrio local, posto que o ciclo apresenta “soma zero” somente quando analisado globalmente, podendo ter concentrações de efeitos indesejáveis próximos à unidade de transformação. Tal problema torna-se ainda mais complexo quando se enfoca o lado ecológico, pois o ambiente local pode sofrer desequilíbrios capazes de romper as cadeias alimentares, dentre outros.

Conclui-se, portanto, que não basta utilizar recurso renovável na geração de energia. É necessário que sua escala seja assimilável pela capacidade ambiental local, nos seus diferentes aspectos. O próprio conceito de poluição, ou contaminação, está associado ao conteúdo percentual de um dado elemento, e não somente à sua presença. Os pequenos aproveitamentos energéticos poderiam ser vistos como doses homeopáticas de energia renovável, com pequenas áreas de influência ambiental, candidatando-se, assim, à alternativa preferida ao atendimento da demanda energética exigida no modelo atual de desenvolvimento.

2.4 Fontes de energia

A questão energética tem um significado bastante relevante no contexto das temáticas ambientais e da busca do desenvolvimento sustentável. Na verdade, esta questão tem influenciado, sobremaneira, as mudanças de paradigmas, principalmente, por dois motivos. Primeiro, porque o suprimento de energia é considerado uma das questões básicas

²³ SANTOS, Afonso Henrique Moreira; HADDAD, Jamil; MASSELI, Sandro. As fontes alternativas renováveis de energia e a sociedade: uma análise institucional. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.137-159, abr. 2004.

para o desenvolvimento econômico. Portanto, é comum que a questão energética, assim como aquelas associadas a outros setores de infra-estrutura, como o de transporte e o de telecomunicações, faça parte da agenda estratégica de todo e qualquer país. Segundo, porque vários desastres ecológicos e humanos das últimas décadas têm relação íntima com o suprimento de energia, oferecendo, assim, motivação e argumentos em favor do desenvolvimento sustentável.²⁴

Para que o setor energético brasileiro se torne sustentável, é necessário que seus problemas sejam abordados de forma abrangente, incluindo não apenas o desenvolvimento e a adoção de inovações e incrementos tecnológicos, mas também importantes mudanças que vêm sendo implementadas em todo o mundo. Essas mudanças envolvem de um lado, políticas que tentam redirecionar as escolhas tecnológicas e os investimentos no setor, tanto no suprimento quanto na demanda, bem como o comportamento dos consumidores. De outro lado, importantes ações estruturais têm transformado completamente os sistemas operacionais e os mercados de energia, como: quebra de monopólios estatais, abertura do setor para investidores privados e maior integração dos sistemas de produção e distribuição, de forma a aumentar a flexibilidade de suprimento, a diversificação e a regulamentação e fiscalização voltadas aos interesses dos consumidores. Tais ações são impostas e aceleradas por forças do atual cenário mundial de globalização do mercado, embora apresentem formas diversas em cada país.

Segundo Silveira; Reis; Galvão²⁵ cerca de 30% a 40% da energia usada no mundo apresenta-se na forma de eletricidade, o que indica a grande importância da eletricidade no mundo atual. Além disso, verifica-se uma tendência para o aumento dessa participação no consumo energético futuro, o que se deve, principalmente, a algumas características desse tipo de energia, quais sejam:

- flexibilidade e confiabilidade;
- alternativas variadas para produção ambientalmente limpa;
- limpeza nos usos finais;
- tecnologia bem dominada e em franco desenvolvimento;

²⁴ SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*: introdução a uma visão multidisciplinar. São Paulo: Ed USP, cap.1, p.26, 2000.

²⁵ SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*: introdução a uma visão multidisciplinar. São Paulo: Ed USP, 2000. cap.1, p.17-42.

- fácil integração às novas tendências e tecnologias de globalização, descentralização, informação e maior eficiência; e
- aptidão para fornecer os principais serviços de energia desejados na sociedade atual.

A importância da energia elétrica no contexto energético global, somada às avaliações e análises apresentadas anteriormente, mostra que o setor elétrico é parte fundamental de qualquer estratégia visando ao desenvolvimento sustentável da humanidade, como informam Silveira; Reis; Galvão²⁶, recomendando:

Para que se encontrem alternativas para a transição do setor elétrico que satisfaçam o novo paradigma, é fundamental que se entendam e se levem em conta as características do setor, desde a sua importância no cenário de desenvolvimento até suas características institucionais próprias. Só assim será possível planejar mudanças que possam ser apropriadamente assimiladas pelos atores internos e externos do processo, ou seja, profissionais e agentes do setor e usuários. Só assim, será possível suprir as novas necessidades do setor em termos de bases regulatórias e institucionais ou de conhecimentos tecnológicos no novo contexto de interface entre sistemas humanos e natureza.

No Brasil, tanto o licenciamento quanto a avaliação de impacto ambiental representam importante avanço institucional para a gestão do meio ambiente, apesar das dificuldades técnicas, financeiras e de pessoal com que a administração pública vem se defrontando ao longo dos últimos anos, especialmente as entidades de meio ambiente. De modo geral, a implementação do licenciamento, principalmente das atividades submetidas à avaliação de impacto ambiental, resente-se dos problemas de capacitação técnica e administrativa dos órgãos e instituições de meio ambiente, o que envolve desde a carência de quadros profissionais até a exigüidade de recursos. Todas essas deficiências se refletem na lentidão dos processos de licença e no desempenho das tarefas de orientação e revisão dos estudos de impacto ambiental.²⁷

A formulação de uma política energética para o país, pautada em objetivos múltiplos devidamente hierarquizados, será, provavelmente, condição *sine qua non* para a valorização de novas potencialidades. Nesse contexto, situam-se as fontes renováveis de

²⁶ SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, cap.1, p.17-42. 2000.

²⁷ MARQUES, Milton; HADDAD, Jamil; MARINS, André Ramon Silva (Org.). *Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos. Cenários 2001 – ELETROBRÁS/PROCEL*. Itajubá: Editora da EFEI, 2001, p.35.

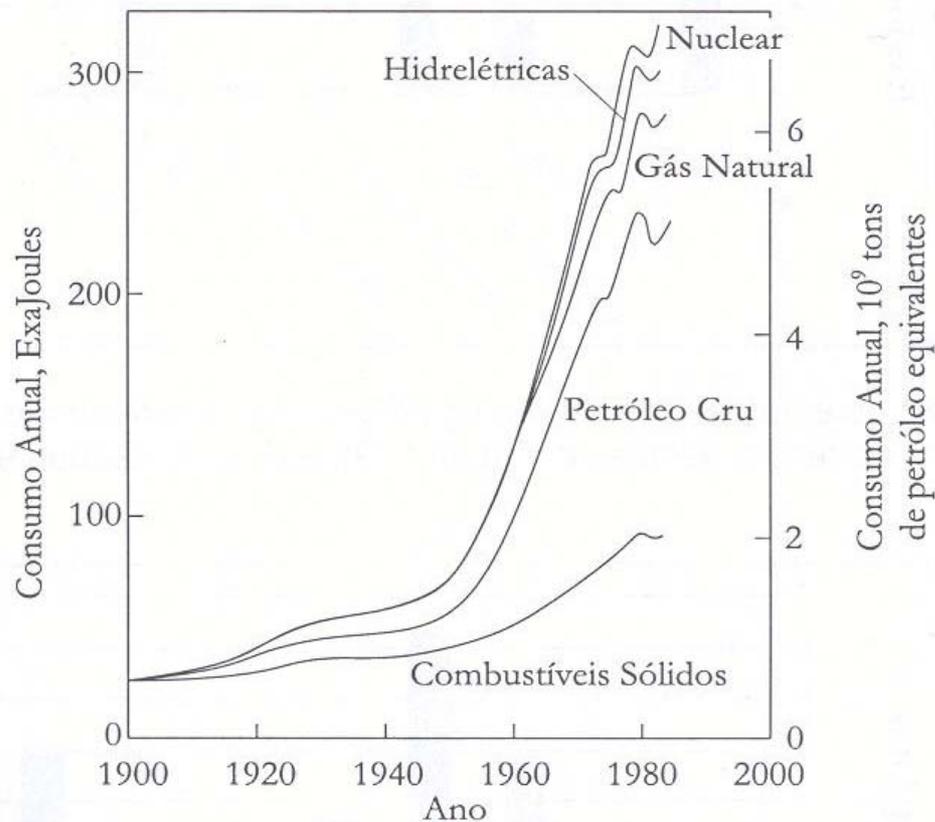
energia, cujo potencial representa o dobro da energia global primária consumida em meados da década de 1970.

2.4.1 Fontes primárias de energia

As fontes primárias de energia são aquelas disponíveis tais como se encontram na natureza e que não sofreram ainda qualquer conversão. Esses sistemas atuam de modos diferentes, e algumas dessas diferenças são essenciais para a saúde do homem e para o futuro do Planeta. No mundo moderno, oito grandes fontes primárias são utilizadas para produzir energia útil, a partir de diferentes processos:

- a) combustíveis fósseis;
- b) elementos radioativos;
- c) recursos hídricos;
- d) ventos;
- e) radiação solar;
- f) biomassa;
- g) geotérmicas (magma, lava e gêiseres); e
- h) oceanos.

O Gráfico 1 ilustra o comportamento do consumo de energia primária no mundo durante o século XX. Observa-se um rápido acréscimo a partir de 1940.

GRÁFICO 1 - Consumo de energia primária no Século XX

Fonte: Marques; Haddad; Marins, 2001, p.33.

2.4.2 Fontes de energia não-renováveis

Quando se utilizam como matéria-prima elementos que irão se esgotar na natureza ou que sejam de difícil renovação, levando séculos ou milênios para serem recompostos, diz-se que é uma fonte de energia não-renovável. Isso significa que, talvez, a sociedade nunca mais poderá utilizar aquela fonte de energia. Duas das principais fontes primárias de energia classificadas como não-renováveis: os combustíveis fósseis e elementos radioativos.

a) Combustíveis fósseis

Combustíveis fósseis são fontes de energia não-renováveis baseadas em combustíveis que se formaram na natureza durante um longo processo de decomposição de

vegetais e microorganismos. Nesta categoria, como principais exemplos, podem-se citar: petróleo, gás natural e carvão mineral.

O petróleo é um combustível fóssil que, como o gás natural e o carvão mineral, foi formado a partir da decomposição de matéria orgânica, como plantas, animais e microorganismos, em um processo que durou milhões de anos. Em função de seu alto valor comercial, o petróleo, também conhecido como “ouro negro”, tem sido motivo de vários conflitos nos últimos cem anos. Atualmente, um terço de toda a energia utilizada no mundo provém deste combustível, a partir do qual se produzem, nas refinarias e nas indústrias petroquímicas, vários subprodutos como gasolina, diesel, querosene, GLP, óleos e graxas, bem como plásticos, tintas, vernizes, pesticidas, adubos e até cosméticos. Segundo alguns pesquisadores, se for mantido o atual nível de consumo, as reservas comprovadas de petróleo no mundo serão suficientes para quarenta anos apenas. A energia elétrica também pode ser produzida por meio da utilização dos derivados do petróleo, principalmente, com o uso de grandes motores-geradores ou usinas termelétricas, correspondendo a cerca de 10% de toda a energia elétrica gerada no mundo. Um dos problemas da queima de derivados de petróleo é a emissão de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (NO_2), gases que contribuem para o efeito estufa.

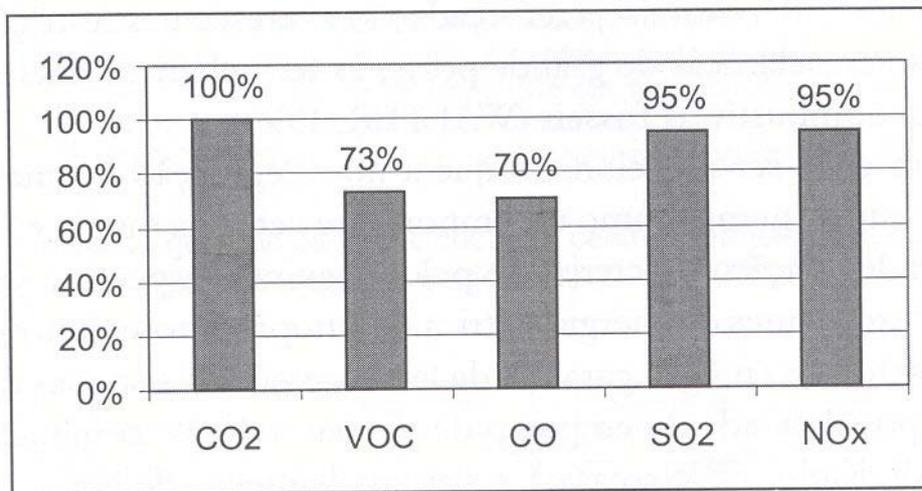
O gás natural pode substituir outros combustíveis fósseis, com a vantagem de ser mais barato e menos poluente. O gás natural é constituído, principalmente, de metano e etano, diferentemente do gás de botijão (gás liquefeito de petróleo), proveniente de refinarias, que é constituído de propano e butano. Apesar de ser um combustível de uso comercial relativamente recente, o gás natural está presente no dia-a-dia do homem há mais de mil anos. Sua produção e consumo são cada vez maiores, devendo se tornar um dos combustíveis mais utilizados nas próximas décadas. O gás natural é uma alternativa para a produção de eletricidade, sendo atualmente responsável por cerca de 15% da energia elétrica produzida no planeta. As reservas mundiais de gás natural são suficientes para cerca de sessenta anos, mantidos os atuais níveis de consumo.

O carvão mineral é um combustível fóssil também criado pela decomposição de matéria orgânica, mediante um processo que exigiu milhões de anos. Diferentemente do gás e do petróleo, o carvão é sólido, e sua formação requer condições especiais. Há 300 milhões de anos, plantas gigantes foram sendo depositadas ao longo de rios e pântanos e lentamente foram transformadas, primeiro, em turfa e, depois, em carvão. Até os fins do século XVII, o carvão era muito utilizado na Europa, especialmente na Inglaterra, substituindo a lenha como combustível. Sua utilização em escalas ainda maiores veio com o surgimento da máquina a

vapor. Quando se diz que o carvão mineral é uma fonte de energia não-renovável, está-se aplicando uma expressão exata. Os cientistas calculam que existam no planeta cerca de 8 trilhões de toneladas de carvão explorável. Quando essas jazidas tiverem se esgotado, há que se esperar mais 300 milhões de anos para se obter carvão novamente.

O consumo desses combustíveis fósseis responde pela maior parte da poluição ambiental. O Gráfico 2 mostra a porcentagem das emissões dos cinco poluentes mais importantes emitidos pelo consumo de combustíveis fósseis.

GRÁFICO 2 - Percentual de emissão dos cinco principais poluentes



Fonte: Marques, Haddad e Marins, 2001, p. 84.

b) Energia nuclear

A energia nuclear é não-renovável, porque depende de combustíveis nucleares, como o urânio, que estão presentes na natureza em quantidades finitas. A primeira reação nuclear em cadeia controlada foi realizada por Enrico Fermi, em 1942. Com essa experiência, a humanidade entrava em uma nova etapa na história do aproveitamento de energia e dos riscos ambientais. Se nos combustíveis fósseis a energia é química, na energia nuclear a origem do grande potencial energético está no átomo. Os cientistas Antoine-Henri Becquerel, Pierre e Marie Curie descobriram que alguns elementos, como o rádio e o urânio, emitem naturalmente energia, em forma de radiação. Outros cientistas descobriram que era possível aproveitar essa atividade natural, chamada por isso, de “radioatividade”. Para tal, seria necessário acelerar o processo de emissão de energia. Dois sistemas são conhecidos: a fissão e

a fusão. Na fissão, o centro do átomo – ou núcleo – é dividido em duas partes menores pela colisão com neutros e velocidades que chegam a 16 mil quilômetros por segundo. Essa divisão do núcleo libera uma enorme quantidade de energia. Na fusão, o processo é oposto: como o nome diz, ao contrário de se dividir, dois átomos são fundidos em um só, produzindo nesse processo uma enorme quantidade de energia. Para se ter uma idéia da complexidade desses sistemas e de como exigem uma tecnologia avançada, se um átomo fosse ampliado para o tamanho de uma sala, o seu núcleo teria o tamanho de um grão de areia.

Essa forma de energia está presente na natureza não apenas nos processos desenvolvidos pela tecnologia do homem, mas também nas reações atômicas que ocorrem na superfície do Sol, uma verdadeira bomba atômica em constante explosão. Além de ser não-renovável, a energia nuclear oferece grandes riscos ao meio ambiente, apesar de não emitir gases, como o CO₂. Importante lembrar que a água utilizada no processo é devolvida à natureza ainda quente, elevando a temperatura dos mananciais de água nas regiões próximas do reator. O mais grave risco é representado pelos acidentes em reatores, que já provocaram desastres ecológicos de grandes proporções, com sérios danos ao meio ambiente, morte e doenças crônicas em elevado número de seres vivos. O desastre ambiental provocado pelo acidente nos reatores da Usina de Chernobil, na Ucrânia, é o exemplo mais apropriado do alto risco representado pelas usinas nucleares, situação agravada pelas precárias condições técnicas e de segurança daquela usina. Outro grande obstáculo para a ampla utilização desse sistema é o alto custo para a instalação de usinas nucleares.

2.5 Fontes de energia renováveis

O controle e a utilização das diversas formas de energia sempre foram as alavancas de todo desenvolvimento humano e social. Até recentemente, durante todo o tempo em que esteve preocupado com a busca do desenvolvimento, o homem utilizou todas as formas possíveis de produção de energia, com os menores custos possíveis, sem deter-se em analisar as conseqüências. Tal comportamento resultou, muitas vezes, no desperdício e no uso ineficiente da energia, gerando efeitos nocivos para a economia, o meio ambiente e a qualidade de vida, principalmente, nas grandes cidades.

Na esteira do novo paradigma ambiental é que se apresentam o PROINFA e a CDE, instituídos pela Lei n. 10.438, de 26 de abril de 2002 e Lei n. 10.762, de 11 de novembro de

2003. Assim, percebe-se o notório o empenho governamental em incentivar o uso de fontes alternativas de energia, notadamente hidráulica (PCH), eólica e de biomassa, tema que será objeto de uma análise mais acurada no próximo capítulo.

Uma fonte é de energia renovável quando emprega como matéria-prima elementos que podem ser recompostos na natureza em um processo inesgotável, ou em processos cujas reposições são realizadas em curto prazo, ou, ainda, quando a fonte de suprimento é considerada inesgotável em longo prazo (como o Sol). Isso significa que a fonte de energia poderá durar para sempre, desde que se tenha o cuidado de recolocar na natureza aquilo que é retirado. Assim, fontes renováveis de energia são formas inteligentes de aproveitamento dos recursos do planeta. No Quadro 1, descrevem-se as principais características das fontes de energia renovável e no Quadro 2, a progressão do uso das energias renováveis no mundo.

QUADRO 1 - Principais características das fontes de energia renovável

	Solar	Eólica	Geotérmica	Biomassa	Dos oceanos	PCH
Magnitude	Extremamente Grande	Grande	Muito grande	Muito grande	Muito grande	Grande
Distribuição	Mundial	Litoral, montanhas, planícies	Fronteiras tectônicas	Mundial	Litoral, trópicos	Mundial, montanhas
Variação	Dependente do tempo, dia e estação do ano	Altamente variável	Constante	Dependente do clima e da estação do ano	Dependente da maré e da estação do ano	Dependente da estação do ano
Intensidade	Baixa. No pico 1kW/m ²	Baixa para média 0,8MW/km ²	Média baixa até 600°C	Moderada para baixa	Baixa	Moderada para baixa
Opções	Sistemas térmicos, fotovoltaicos, passivos e bioconversão	Turbinas eólicas de eixo vertical e horizontal, bombas eólicas e navegação a vela	Ciclos termodinâmicos a vapor e binários, magna geopressurizada	Combustão, fermentação, digestão, gaseificação e liquefação	Ciclos termodinâmicos osciladores de onda mecânicos, represagem de marés	Represagem e turbinas
Estado da arte	Em desenvolvimento algumas comerciais	Muitas comerciais, mas em desenvolvimento	Muitas comerciais, algumas em desenvolvimento	Algumas comerciais, mais em desenvolvimento	Em desenvolvimento	A maior parte comercial
Fator de Capacidade	Maior que 25% w/o armazenagem, intermediário	Variável, a maior parte de 15-30%	Alta, carga base	Quando necessário com estoque de curto prazo	Intermitente para carga base	Intermitente para carga base
Melhorias	Materiais, custo, eficiência fonte de dados	Materiais, projeto, localização, fonte de dados	Exploração, extração, uso pedra seca quente	Tecnologia, gerenciamento da agricultura e silvicultura	Tecnologia, materiais e custo	Turbinas, custo, projeto, fonte de dados

Fonte: World Energy Council (1993 *apud* Marques; Haddad; Marins, 2001, p.86.

QUADRO 2 - Progressão do uso da energia renovável no mundo

	Uso global 1990 (%)	Uso global 2000 (%)	Uso global 2010 (%)	Uso global 2020 (%)
Estados Unidos	2,2	2,3	2,8	4,4
América Latina	2,9	3,8	4,6	6,0
Europa Ocidental	1,6	1,6	1,9	2,4
Europa Oriental e antiga URSS	1,1	1,1	1,2	1,7
Oriente Médio e África do Norte	0,3	0,4	0,5	0,7
África sub-Saharan	1,8	2,3	2,6	3,2
Pacífico e China	5,1	5,4	5,8	7,1
Ásia Central e do Sul	2,7	3,0	3,2	4,1
Total	17,7	19,9	22,7	29,6

Fonte: Marques; Haddad; Marins, 2001, p.87.

2.5.1 Energia hidráulica

Na lista das fontes renováveis de energia, a hidroeletricidade (energia hidráulica, ou seja, a energia elétrica gerada a partir da força das águas) corresponde a 90% de toda a eletricidade gerada no país, sendo um bom exemplo de como o homem aproveita um recurso da natureza e o transforma em gerador de energia. Neste sistema, a água de um rio é represada, utilizando-se uma barragem para formar um grande reservatório. Uma tubulação conduz a água até as turbinas hidráulicas, que são colocadas em movimento pela força da água, transformando a energia potencial em energia cinética. Essa energia mecânica é transformada em energia elétrica pelas máquinas geradoras, que são acionadas pelas turbinas. A energia é então levada aos consumidores por meio de linhas de transmissão e redes de distribuição.

A despeito de sua qualidade de renovável, não se pode desconsiderar que também a hidroeletricidade causa impacto no meio ambiente. Utilizando a força da água para a produção de eletricidade, as usinas hidrelétricas promovem alterações geofísicas na estrutura do ambiente natural onde são construídas, em função da grande área alagada para a construção de reservatórios.

Diretamente relacionada com a defesa dos recursos hídricos, a produção hidrelétrica de energia desperta uma apreensão natural, pela ameaça que representa à preservação da natureza, já prevista, segundo Séguin (2000, p.120), no Decreto n. 5.407, de 27.12.1904, que regulamentou o aproveitamento da força hidráulica para transformação em energia elétrica, dispondo que o prazo máximo da concessão seria de noventa anos. Naquela época, o aproveitamento visava à produção de energia hidrelétrica, tanto assim que a Lei nº 1.167, de 30.12.1906, autorizou o presidente da República a determinar a organização das bases de um Código de Águas. Neste sentido, o art. 68 do Código Civil estatuiu que a água é bem público de uso comum, cuja administração pertence à União, aos Estados e aos Municípios, disciplinando o seu uso no Capítulo de conflitos de vizinhança. Desde então, várias alterações foram feitas na legislação pátria, buscando garantir a preservação dos recursos hídricos brasileiros.

O sistema hidrelétrico que compõe o perfil de produção de energia elétrica no Brasil ainda deverá se impor em médio prazo. Entretanto, “o perfil renovável que hoje se verifica na matriz energética do país pode ficar comprometido em longo prazo, caso as

políticas para o setor não visualizem um futuro de desenvolvimento sustentável, fomentando assim a atratividade das soluções renováveis”.²⁸ Segundo pesquisa organizada e publicada pela Eletrobrás/Procel e Universidade Federal de Itajubá:

O potencial hidrelétrico do País, aproveitado somente em 23%, tem a sua maior capacidade na região amazônica, onde a inundação de enormes áreas para a construção dos reservatórios das hidrelétricas poderia trazer como resultado uma catástrofe ambiental de conseqüências imprevisíveis.²⁹

No âmbito dessa ameaça representada pela fonte hidrelétrica de energia, há que se incentivar a produção paralela de energia pelas outras cinco fontes renováveis: solar, eólica, biomassa, geotérmica e oceanos, com ênfase para a solar, eólica e a de biomassa, pois, segundo Silveira; Reis; Galvão³⁰, “o desenvolvimento tecnológico recente, aliado a políticas que favorecem o uso de fontes renováveis, vem diminuindo, gradualmente, as barreiras existentes ao uso de fontes renováveis de energia.”

2.5.2 Energia solar

O Sol é uma fornalha atômica que transforma massa em energia. A cada segundo, o Sol transforma 657 milhões de toneladas de hidrogênio em 653 milhões de toneladas de hélio. Os 4 milhões de toneladas de diferença são transformados em energia e descarregados no espaço na forma de radiação solar. A Terra recebe apenas 2 bilionésimos dessa energia eletromagnética.

Para a produção de eletricidade, são utilizados concentradores de radiação solar e painéis fotovoltaicos, nos quais a energia eletromagnética é convertida em energia elétrica. O sistema é complexo e depende de células de silício (fotovoltaicas) dispostas em painéis, em

²⁸ SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*: introdução a uma visão multidisciplinar. São Paulo: Ed USP, 2000. cap.1, p.46.

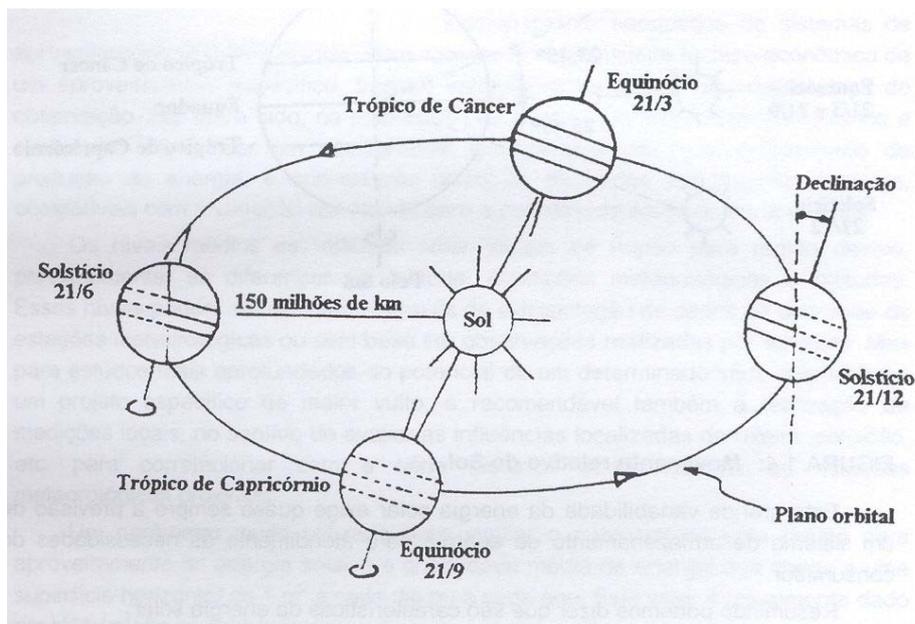
²⁹ BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Conservação de energia*: eficiência energética de instalações e equipamentos. Itajubá-MG: FUPAI, 2001, p.40.

³⁰ SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*: introdução a uma visão multidisciplinar. São Paulo: Ed USP, 2000, cap.1, p.46.

que a luz do Sol separa as cargas positivas das negativas, criando uma diferença de potencial que produz uma corrente elétrica.

Coletores criados especialmente para converter a radiação do Sol em energia térmica estão sendo utilizados para o aquecimento de água. Neste processo, o aproveitamento da radiação solar se dá por meio de dispositivos desenvolvidos a partir de princípios semelhantes aos de uma estufa, chamados de coletores solares planos. As placas de vidro aprisionam a radiação solar incidente e aquecem tubos de cobre, por onde a água passa e é aquecida. Segundo estudo de Alvarenga³¹, na otimização de projetos de aproveitamento de energia solar é importante o conhecimento, ano a ano, das variações da radiação solar, sazonais e diárias. As variações sazonais dos níveis de radiação solar, em um plano horizontal na superfície da Terra, devem-se, principalmente, à inclinação do seu eixo de rotação em relação ao plano da órbita em torno do Sol (Figura 1).

FIGURA 1 - Variações sazonais dos níveis de radiação solar



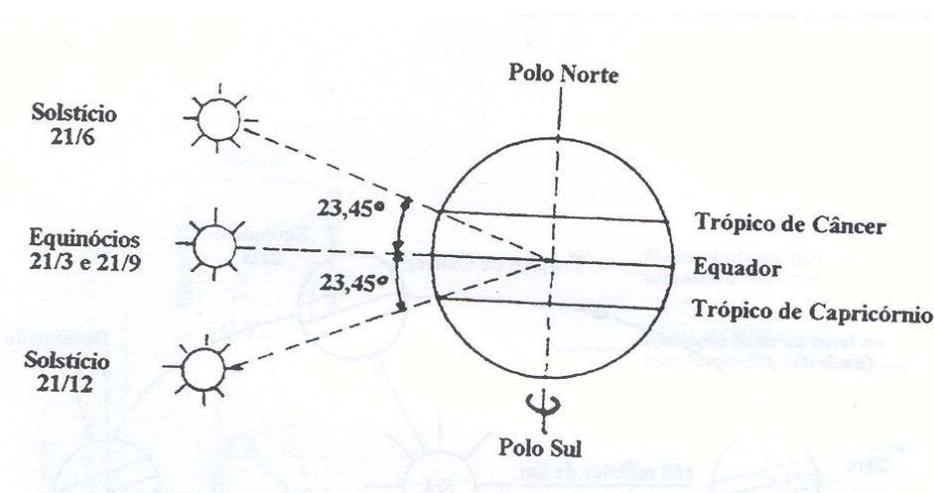
Fonte: Alvarenga, 2001, p. 11

Quanto à declinação solar (ângulo entre a linha Terra-Sol e o plano do equador), ela varia entre +/- 23,45 graus, provocando as estações do ano e as conhecidas variações na duração dos dias ao longo do ano (FIG. 2). A soma desta declinação com a latitude de um local específico determina a trajetória aparente do Sol para o observador situado neste local.

³¹ TEXTOS ACADÊMICOS: Energia solar / Carlos Alberto Alvarenga. Lavras: AFLA – Universidade Federal de Lavras/FAEPE, 2001.

No hemisfério sul, o coletor solar sempre deve apontar para o norte, de forma a maximizar o aproveitamento da energia.

FIGURA 2 - Declinação solar



Fonte: Alvarenga, 2001, p.11

Sabe-se que o Sol é responsável pelo fornecimento da quase totalidade de energia consumida pela humanidade desde seus primórdios. A potência da radiação solar que atinge a atmosfera terrestre é cerca de $1,7 \times 10^{14}$ kW, o que corresponde a mais de 13 milhões de vezes a potência elétrica da usina hidrelétrica de Itaipu, a maior do mundo em geração de energia. Claro que a maior parte desta energia não pode ser aproveitada, nem este potencial está distribuído uniformemente pelo Planeta, mas isso dá a idéia do enorme potencial energético disponível³². Alguns pesquisadores acreditam que da mesma forma que o Sol é responsável por toda a vida no Planeta, poderá um dia ser o responsável diretamente por toda a produção de energia.

2.5.3 Energia eólica

A energia eólica, cuja produção de energia elétrica se dá pelo movimento das pás de modernos cata-ventos e pela ação das turbinas eólicas, já se tornou uma realidade nas

³² TEXTOS ACADÊMICOS: Energia solar / Carlos Alberto Alvarenga. Lavras: AFLA – Universidade Federal de Lavras/FAEPE, 2001.

regiões onde os ventos são fortes e constantes. Trata-se, também, de uma fonte renovável, já que ventos não se esgotam na natureza.

Do ponto de vista ambiental, a energia eólica é uma grande opção. Tudo começa com a energia térmica. O Sol aquece o ar nas regiões mais próximas da Linha do Equador. O ar aquecido tende a ir para os pólos, que são regiões mais frias. O ar dos pólos tende então a ocupar o lugar onde antes estava o ar quente. O que começou com energia térmica transforma-se, portanto, em energia do movimento, ou energia cinética. Somando-se a esses deslocamentos, existe ainda o movimento de rotação da Terra, tornando o regime de ventos um sistema complexo, um verdadeiro balé de massas de ar. Além disso, as condições climáticas locais podem também influenciar a maior e menor incidência de ventos em uma determinada região.

2.5.4 Energia de biomassa

A energia de biomassa é proveniente de toda matéria orgânica que pode ser transformada em combustíveis líquidos, sólidos e gasosos. Esses combustíveis são utilizados, por exemplo, em usinas termelétricas para a geração de eletricidade. Como exemplo tem-se o combustível produzido a partir da cana-de-açúcar, que propiciou a substituição da gasolina pelo álcool, representando um grande avanço social e econômico, e uma importante medida de preservação do meio ambiente.

Da mesma forma, outros cultivos, tais como a mandioca, o babaçu e as oleaginosas, devem substituir fontes não-renováveis. O biodiesel, apesar de opiniões contrárias, já se mostra como uma alternativa importante para o Brasil. Um aspecto interessante da biomassa como fonte energética é o fato de que, além de renovável, emite menos CO₂ que os combustíveis fósseis e contribui para a redução do chamado “efeito estufa”, um dos grandes problemas ambientais da atualidade.

O processo de obtenção de energia a partir da biomassa consiste no aproveitamento de certas plantas e matéria orgânica em geral (restos de madeira, de vegetais, de frutas, resíduos agrícolas, certos tipos de esgotos industriais ou residenciais e qualquer lixo de natureza biológica). A fermentação e a destilação controlada desses elementos produzem como resultado gases e combustíveis líquidos de larga aplicação. Ao contrário dos derivados

do petróleo, do gás natural, do carvão vegetal e dos combustíveis nucleares, a biomassa – se for convenientemente explorada – pode ser considerada inesgotável, porque toda a matéria prima pode ser recomposta na natureza. Por oferecer vantagens, a comunidade científica acredita que a biomassa possa ser uma grande alternativa para o futuro próximo, e o Brasil tem tudo para assumir uma posição de destaque nesta nova etapa energética mundial.

2.5.5 Energia Geotérmica

É a energia proveniente do fluxo de calor contido no interior da Terra que se manifesta na superfície por intermédio do magma, da lava e dos gêiseres. As vantagens do uso da energia geotérmica, mesmo considerando que são restritas as áreas exploradas para o aproveitamento dessa forma de energia alternativa, são:

- alteração mínima do meio ambiente;
- disponibilidade contínua;
- alta temperatura dos depósitos geotermiais, o que permite que sejam usados diretamente para aquecimento ambiental, secagem de grãos, processos industriais e refrigeração;
- simplicidade da tecnologia para seu aproveitamento;
- fato de as usinas de energia geotérmica possuírem um porte limitado e, assim, mais facilidade para incorporarem pequenos sistemas de geração elétrica do que de estações geradoras, nas quais a economia de escala determina maiores unidades.

No Brasil, as possibilidades de aproveitamento geotérmico são reduzidas, uma vez que as fontes de calor, conhecidas como "fontes termiais", não têm temperatura suficiente para produzir o vapor necessário ao funcionamento de usinas geotérmicas. Porém, levantamentos efetuados com o objetivo de avaliar o potencial de aproveitamento dos recursos geotermiais brasileiros³³ permitiram identificar algumas características gerais dos recursos existentes, como a bacia do Paraná, considerada a área mais favorável à extração de energia geotérmica no país.

2.5.6 Energia dos oceanos

A energia dos oceanos se apresenta em três formas: energia térmica, produzida pela diferença de temperatura entre as águas superficiais e as águas profundas; energia contida nas correntes oceânicas; a energia causada pelas marés e pelas ondas. Essas duas últimas são provocadas pela atração gravitacional lunar.

Nos oceanos, a geração de energia elétrica, utilizando as variações das marés, ocorre nas usinas chamadas “maremotrizes”, que funcionam de forma semelhante às usinas hidrelétricas reversíveis. Um aspecto importante das marés é que, não importando o quanto variam em um determinado local, elas ocorrem de maneira ordenada, sendo, portanto, previsíveis.

A energia oceânica, em suas diversas formas, é difusa e só pode ser utilizada economicamente em áreas onde se mostre concentrada ou com maior densidade. O Brasil é um país com aproximadamente 7.500 km de fronteira com o mar, tendo um grande potencial de energia oceânica a ser explorado. Porém, como a conversão que se tem em vista para a energia das marés é sua transformação em energia elétrica, especialmente para ser utilizada como complementação da rede elétrica distribuidora regional, os estudos econômicos feitos até agora mostram que os custos são razoavelmente altos, mas com possibilidades de se tornarem viáveis à exploração dessa fonte de energia renovável.

Por produzirem efeitos econômicos, as fontes energéticas e sua interface com o meio ambiente são, necessariamente, objeto de apreciação pelo Direito, principalmente no tocante às fontes de energia elétrica, que dependem de uma forte presença do Estado para se concretizar, seja por um grau maior ou menor de regulação, seja por incentivos para sua viabilização, conforme abordagem a ser traçada nos capítulos seguintes.

³³ Coleção Brasileira de Dados Geotérmicos – IPT e Utilização de Sistemas Geotérmicos de Média Entalpia no Brasil – IPT.

3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E ENERGIA ELÉTRICA

Sabemos que o homem branco não compreende nossos costumes. Uma porção da terra, para ele, tem um mesmo significado que qualquer outra, pois é um forasteiro que vem à noite e extrai da terra aquilo de que necessita. A terra não é sua irmã, mas sua inimiga, e quando ele a conquista, prossegue seu caminho. Deixa para trás os túmulos de seus antepassados e não se incomoda. Rapta da terra aquilo que seria de seus filhos e não se importa. A sepultura de seu pai e os direitos de seus filhos são esquecidos. Trata sua mãe, a terra, e seu irmão, o céu, como coisas que possam ser compradas, saqueadas, vendidas como carneiros ou enfeites coloridos. Seu apetite devorará a terra, deixando somente um deserto. Eu não sei, nossos costumes são diferentes dos seus. A visão de suas cidades fere os olhos do homem vermelho. Talvez seja porque o homem vermelho é um selvagem e não compreenda.

CHEFE SEATTLE (1854)

A crescente demanda por energia implica, *a priori*, interferência no meio ambiente, já que a produção de energia depende de utilização de recursos naturais, ou repercutem no meio em que se inserem, sendo o desenvolvimento sustentável o equilíbrio destes interesses.

Para que se encontrem alternativas de transição funcional do setor elétrico que satisfaçam plenamente o novo paradigma ambiental, torna-se necessário o aperfeiçoamento evolutivo dos instrumentos legais que regem sua atividade, como tão bem assimilou o constituinte de 1988 ao conceder tratamento especial ao meio ambiente, conforme dispõe o Capítulo 4 – Do Meio Ambiente, art. 225 da CF.

Além do imprescindível ajuste dos instrumentos legais, há que se adequar também alguns conceitos vigentes em instituições como IBAMA, Ministério Público e órgãos estaduais, que devem identificar, com maturidade, o que realmente causa impacto, e quais as reais proporções deste impacto, em detrimento de acesso a serviços públicos, como a energia elétrica.

3.1 Direito Ambiental Internacional

De acordo com Séguin (2000, p.43), o papel desempenhado pelo Direito Internacional foi de importância capital na divulgação do Direito Ambiental. Diversos tratados e convenções têm propiciado uma evolução marcante da legislação ambiental nas três

últimas décadas. Dessa forma, a comunidade internacional tem procurado, sistematicamente, compor interesses ambientais, porém esbarra sempre na questão doutrinária, que defende a autonomia das duas ordens jurídicas – a interna e a internacional –, surgindo, daí, duas teorias:

- Dualista – Admite a aplicação simultânea da norma internacional e da interna de cada país e
- Monista – Prega a primazia do direito interno ou do direito internacional.

Da criação do primeiro parque nacional no mundo, o de Yosemite, nos EUA, seguida da *Conferência de Fontainebleau* (UNESCO e governo francês), em 1949, do *Colóquio Internacional do Centro Nacional de Pesquisa Científica sobre Ecologia, em Paris*, em 1945, e da criação do Clube de Roma, em 1968, até a importantíssima divulgação da *Declaração de Estocolmo*, (Assembléia Geral das Nações Unidas), em 1972, observa-se uma evolução lenta e gradual da legislação ambiental internacional. Foi a *Declaração de Estocolmo* que acelerou o processo evolutivo, ao estabelecer os *Princípios Ecológicos Internacionais* e estatuir, em seu art. 22, a responsabilidade civil dos Estados em caso de contaminação e outros danos ambientais. Outro feito deste documento foi ter insinuado o *Princípio da Cooperação*.

A partir da *Conferência de Estocolmo*, em 1972, passando pela *Conferência do Rio* (ECO-92), em 1992, diversos tratados internacionais foram celebrados, como o *Tratado da Poluição dos Oceanos* (1982), o *Tratado de Proteção das Espécies Ameaçadas de Extinção e Exportação do Lixo Tóxico* (1993), *Tratado de Proteção da Camada de Ozônio* (Viena, 1985) e o *Protocolo de Montreal* (1990), sendo muitos deles incorporados ao ordenamento jurídico brasileiro, como também o *Acordo Internacional de Madeiras Tropicais*, assinado em Genebra, em 26.01.1994, e ratificado pelo Decreto Federal nº 2.707/1998, o *Acordo de Transporte Fluvial pela Hidrovia Paraguai, Paraná*, ratificado pelo Decreto Federal n. 2.716 (DOU de 11.08.1998) e a promulgação da *Convenção Internacional de Combate à Desertificação nos Países Afetados por Seca Grave e/ou Desertificação*, firmado em Paris, em 15.10.1994, pelos Decretos Federais n. 2.741/1998 e nº 2.742/1998.

Segundo o Princípio I da *Declaração do Rio de Janeiro/92*: “Os seres humanos constituem o centro das preocupações relacionadas com o desenvolvimento sustentável. Têm o direito a uma vida saudável e produtiva em harmonia com a natureza”. Porém, o homem não é a única preocupação do desenvolvimento sustentável. A preocupação com a natureza também deve integrá-lo. Nem sempre o homem há de ocupar o centro da política ambiental, ainda que comumente ele busque um lugar prioritário. Haverá casos em que para se conservar

a vida humana ou para colocar em prática “a harmonia com a natureza” será preciso conservar a vida dos animais e das plantas em áreas declaradas inacessíveis ao próprio homem. Parece paradoxal chegar-se a essa solução do impedimento do acesso humano, que, afinal de contas, deve ser decidida pelo próprio homem³⁴.

Sobre essa exigência de integração do homem com a natureza, no plano do direito à vida, Alexandre Kiss.³⁵ esclarece:

A querela concernente às finalidades antropocêntricas ou ecocêntricas da proteção do meio ambiente obscureceram um pouco a evolução para conceitos globais e de longo termo, os quais deveriam necessariamente conduzir ao reconhecimento das convergências com a proteção da saúde humana

Assim, dependerá da legislação de cada país o regime de propriedade dos bens ambientais. Conforme essa legislação, será encontrado, ou não, o acesso equitativo aos recursos naturais.

3.2 Direito Ambiental e a Constituição Federal de 1988

No Brasil, explica Séguin³⁶, “interesses privados/públicos e a desinformação se unem para retardar o avanço da consciência ambientalista. A educação ambiental exsurge como um marco na preservação ecológica”. Neste plano, a incorporação de princípios internacionais no ordenamento jurídico brasileiro enseja uma concepção *jusambientalista* comprometida com o bem-estar das gerações futuras.

Faz-se importante, porém, retroceder no tempo, para compor o quadro evolutivo desta referida concepção. A Constituição Imperial de 1824 não fazia nenhuma alusão ao meio ambiente. A Constituição de 1891 atribuiu competência à União sobre minas e terras (arts. 34 e 29), ainda sem uma ótica holística. Nota-se que a tônica era a natureza econômica desses bens, e não sua preservação. Já a Carta de 1934, coerente com o espírito de sua época, em que

³⁴ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental brasileiro*. 11.ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2003, p.49-50.

³⁵ KISS, Alexandre. *Législation sanitaire et environnement: la législation sanitaire à l'aube du XXI Siècle. Recueil International de Législation Saitaire* 49/204, n. 1, 1998, *apud* MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental brasileiro*. 11.ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2003, p.50.

³⁶ SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000, p.25.

vigorava o princípio do desenvolvimento econômico-social, objetivando a racionalização, e não a defesa ambiental, normatiza a exploração de recursos naturais (art. 5º, XIX, j) referentes a subsolo, mineração, flora, fauna, águas, energia hidroelétrica e florestas. Interessante observar que nesta Carta Magna a propriedade não possuía uma função social. Ela trata dos bens ambientais apenas como fonte de riquezas a serem exploradas.

As Constituições brasileiras de 1937 (art. 16, XIV), de 1946 (art. 5º, XV) e de 1967 (art. 8º, XVII, *h* e *i*) determinam a competência para legislar sobre os recursos naturais citados, prevendo o estabelecimento de “normas gerais pela União” sobre determinadas matérias. Assim também a EC de 1/69 (art. 8º, XVII). Não previam, contudo, normas gerais sobre meio ambiente, pois o tema nelas não estava incluído especificamente com essa nomenclatura.

A CF/88 dedicou um capítulo específico ao meio ambiente, concedendo às questões ambientais o mesmo tratamento dispensado a outros ramos do direito, tradicionalmente considerados relevantes, como o Direito de Família.

O capítulo, composto por apenas um artigo, 225, em seu *caput*³⁷, assegura o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo, caracterizando o meio ambiente como direito fundamental de terceira geração.

O constituinte cuidou de assegurar o cumprimento dos preceitos contidos no *caput* impondo ao Poder Público a atribuição de exigir estudo prévio de impacto ambiental quando da instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de danos ao meio ambiente e de proteger a fauna e a flora, preservando sua função ecológica.

A imposição de sanções mais rigorosas, para inibir o abuso ao meio ambiente também foi uma preocupação do legislador. O § terceiro do mesmo art. 225 possibilitou que se impusessem às pessoas físicas e jurídicas penalidades de natureza diversa. Observa Milare³⁸: “A danosidade ambiental provoca tríplice reação da ordem jurídica, certo que um único ato pode detonar a imposição de sanções administrativas, penais e civis”. Estabelece o § 3º do art. 225 da CF/88: “As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”.

³⁷ “Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações [...]”

³⁸ MILARÉ, Edis. *Direito do ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário*. 2.ed. ver. atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001, p.254.

Vale mencionar que os biomas Floresta Amazônica brasileira, Mata Atlântica, Serra do Mar, Pantanal Mato-Grossense e Zona Costeira foram elevadas à categoria de patrimônio nacional, na redação do § 4.º do art. 225, sendo sua utilização regulamentada em lei posteriores.

A inserção no Texto Constitucional da expressão “sadia qualidade de vida” (art. 225) configura a busca de uma proteção holística do meio ambiente, levando à conscientização de que, para se alcançar a sustentabilidade social é preciso encontrar um desenvolvimento viável para as necessidades de todos, pois, segundo Boff³⁹, “o bem-estar não pode ser apenas social”, mas *sociocósmico*, conclui Séguin.⁴⁰

O princípio da sustentabilidade ambiental ficou, então, definido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”. Para assegurar a efetividade desse direito, no § 1º é dada a incumbência ao Poder Público para “exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de degradação ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade” (inciso IV). Passa, assim, o licenciamento ambiental a ter respaldo constitucional. Deve a lei, no entanto, dispor sobre a matéria. Nessa mesma linha, estabelece o inciso VII deste mesmo parágrafo que deverá o Poder Público “proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais à crueldade.”

O intuito de resguardar o meio ambiente pode ser observado, também, em outros dispositivos constitucionais.

Como se observa no Capítulo II (Da União), os potenciais de energia hidráulica são tratados em destaque, conforme dispõe o art. 20, VIII, e § 1º:

É assegurada, nos termos da lei, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva, ou compensação financeira por essa exploração.

³⁹ BOFF, Leonardo. *Ética da Vida*, Brasília: Letraviva, 1999, p. 34.

⁴⁰ SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000, p.9.

Sobre a competência de legislar sobre matéria ambiental, no mesmo capítulo, reza o art. 24: “Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre: Inciso VIII – “responsabilidade por dano ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, histórico, turístico e paisagístico”. Os parágrafos do referido artigo norteiam as competências nos três níveis legislativos:

§ 1º - No âmbito da legislação concorrente, a competência da União limitar-se-á a estabelecer normas gerais.

§ 2º - A competência da União para legislar sobre normas gerais não exclui a competência suplementar dos Estados.

§ 3º - Inexistindo lei federal sobre normas gerais, os Estados exercerão a competência legislativa plena, para atender a suas peculiaridades.

§ 4º - A superveniência de lei federal sobre normas gerais suspende a eficácia da lei estadual, no que lhe for contrário.

Nota-se que a repartição político-administrativa das competências materiais comuns (três níveis de governo) e legislativas concorrentes (União e Estados ou Distrito Federal) não coincidem. Assim, zelar pelo meio ambiente é competência material comum à União, Estados, Distrito Federal e Municípios, enquanto o licenciamento ambiental é competência legislativa concorrente entre a União e os Estados ou o Distrito Federal. Machado interpreta esta complexa distribuição de competências:

A Constituição Federal de 1988 inovou na técnica legislativa, tratando em artigos diferentes a competência para legislar e a competência para administrar. [...] No art. 23, a CF faz uma lista de atividades que devem merecer a atenção do Poder Público. O modo como cada entidade vai efetivamente atuar em cada matéria dependerá da organização administrativa de cada órgão público federal, estadual e municipal. O art. 23 merece ser colocado em prática em concordância com o art. 18 da aludida CF, que determina: ‘A organização político-administrativa da República Federal do Brasil compreende a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, todos autônomos nos termos desta Constituição’. A autonomia não significa desunião dos entes federados. [...] Mas a autonomia deve ensejar que o Município tenha ou possa ter sistemas de atuação administrativa não semelhantes ou desiguais aos vigentes nos Estados. Os Estados, por sua vez, poderão ter, também, sua organização administrativa ambiental diferente do Governo Federal. Assim, as normas gerais federais ambientais não podem ferir a autonomia dos Estados e dos Municípios, exigindo dos mesmos uma estrutura administrativa ambiental idêntica à praticada no âmbito federal.⁴¹

As atribuições e obrigações dos Estados e dos Municípios, só a Constituição Federal pode estabelecer. O arcabouço jurídico-legal do País tem de estar estruturado na lei

⁴¹ MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental brasileiro*. 11.ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2003, p.98.

maior, que é a Constituição. A legislação infraconstitucional não pode repartir ou atribuir competência, a não ser que a própria Constituição Federal tenha previsto essa situação, como o fez explicitamente no art. 22, parágrafo único: a competência comum, estabelecendo normas de cooperação, será objeto de lei complementar.⁴²

Com efeito, o parágrafo único⁴³ do art. 22 da CF previu que, por Lei Complementar, os Estados poderão legislar sobre pontos específicos das matérias de competência privativa da União.

3.3 Legislação ambiental infraconstitucional

A Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (Lei dos Crimes Ambientais), que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, é uma das mais importantes na esfera da sua preservação. O Decreto n. 3.179, de 21 de outubro de 1999, que a regulamentou, viabilizou a sistematização das penalidades pecuniárias, com valores definidos para cada uma das infrações.

O Decreto n. 99.274, de 6 de junho de 1990, regulamenta a nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental, e a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. No Capítulo intitulado Do Licenciamento das Atividades, determina, no art. 17:

A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimento de atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem assim os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente integrante do Sisnama, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.

⁴² MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental brasileiro*. 11.ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2003, p.99.

⁴³ Art. 22 Compete privativamente à União legislar sobre:

[...]

Parágrafo único: Lei complementar poderá autorizar os Estados a legislar sobre questões específicas das matérias relacionadas neste artigo.

Outra lei a ser citada é a Lei n. 7.347, de 24 de julho de 1985, que disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor e a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico.

Posteriormente à Lei dos Crimes Ambientais, foram promulgadas várias leis relativas ao meio ambiente. Dentre elas: a Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000, que regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII, da Constituição Federal, instituindo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza; a Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo diretrizes gerais da política urbana; e a Resolução CONAMA n. 302, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

3.4 Planejamento energético

Com a edição de várias leis, em especial a Lei n. 10.848, de 15.03.2004, e seus respectivos decretos regulamentadores, começou a ser definido o marco regulatório do novo modelo do setor elétrico.

Criaram-se empresas e órgãos governamentais para dar suporte ao setor elétrico, e, ainda buscou-se a sujeição ao Estado daqueles que não se submetem diretamente ao Ministério do Meio Ambiente, tais como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), cujo controle o Estado busca instituir, mediante a implantação de contratos de gestão.

O projeto da Lei Geral das Agências Reguladoras (PL 3.337/04), por seu turno, dispõe sobre a gestão, organização e controle social das Agências Reguladoras e acresce e altera dispositivos de diversas leis⁴⁴ e por meio do qual se propõe a elaboração de contrato de gestão para melhorar o controle dos órgãos reguladores, além de criar a figura do Ouvidor do Governo Federal dentro as Agências.

Por conseqüência, busca-se também o controle do Operador Nacional do Sistema Elétrico, pessoa jurídica de direito privado que objetiva executar as atividades de coordenação e controle da operação de geração e transmissão de energia elétrica do SIN, sob a fiscalização

⁴⁴ Lei n. 9.472, de 16 de julho de 1997, Lei n. 9.478, de 6 de agosto de 1997, Lei n. 9.782, de 26 de janeiro de 1999, Lei n. 9.961, de 28 de janeiro de 2000, Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000, Lei n. 9.986, de 18 de julho de 2000, e Lei n. 10.233, de 5 de junho de 2001, da Medida Provisória no 2.228-1, de 6 de setembro de 2001.

e regulação da ANEEL, conforme estabelece a Lei n. 9.648/1998, regulamentada pelo Decreto n. 5.081/2004, e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), criada para viabilizar a comercialização de energia elétrica no SIN, instituída de acordo com os arts. 4.º e 5.º da Lei n. 10.848, de 15 de março de 2004, regulamentada pelo Decreto n. 5.177, de 12 de agosto de 2004, sujeita ao controle da ANEEL.

Nesse novo modelo, foram criadas a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com a finalidade de prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, nos termos da Lei n. 10.847, de 15.03.2004, regulamentada pelo Decreto n. 5.184, de 16 de agosto de 2004; e o CMSE, com a função precípua de acompanhar e avaliar a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional, conforme estabelecido pela Lei n. 10.848, de 15.03.2004, regulamentada pelo Decreto n. 5.175, de 9.08.2004.

A concentração dos agentes envolvidos no processo em torno do Ministério de Minas e Energia caracteriza a substituição das formas tradicionais de planejamento, indicativo e determinativo, que ganha a feição de planejamento centralizado.

3.5 Política energética

Quanto à política energética nacional, a Lei n. 9.478, de 6 de agosto de 1997, entre outras importantes medidas, instituiu o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que deverá assessorar a Presidência da República, à qual está vinculado, na formulação de políticas e diretrizes de energia. Entre os objetivos principais do Conselho, citam-se: promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos do País; assegurar o suprimento de insumos energéticos às áreas remotas ou de difícil acesso; realizar uma revisão periódica nas matrizes energéticas, levando em consideração as fontes convencionais e alternativas, além das tecnologias disponíveis; estabelecer diretrizes para programas específicos, como aqueles que envolvem o uso do gás natural, do álcool, de outras biomassas, do carvão e da energia termonuclear; e traçar diretrizes para a exportação e importação do petróleo.

O Decreto n. 5.627, de 9 de novembro de 2004, alterou a estrutura regimental do Ministério de Minas e Energia, que passou a ter quatro secretarias e respectivos departamentos:

- a) Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético – Departamento de Planejamento Energético, Departamento de Desenvolvimento Energético e Departamento de Políticas Sociais e Universalização do Acesso à Energia;
- b) Secretaria de Energia Elétrica – Departamento de Gestão do Setor Elétrico, Departamento de Outorgas de Concessões, Permissões e Autorizações e Departamento de Monitoramento do Sistema Elétrico;
- c) Secretaria do Petróleo, Gás Natural e Combustíveis Renováveis – Departamento de Política de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural, Departamento de Gás Natural, Departamento de Combustíveis Derivados de Petróleo e Departamento de Combustíveis Renováveis;
- d) Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – Departamento de Gestão das Políticas de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Departamento de geologia e Produção Mineral; Departamento de transformação e tecnologia mineral; Departamento de Desenvolvimento Sustentável na Mineração.

3.6 Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

A Lei n. 10.438, de 26 de abril de 2002, dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, e da recomposição tarifária extraordinária; cria o PROINFA e a CDE; dispõe sobre a Universalização do serviço público de energia elétrica; dá nova redação à Lei n. 9.427, de 26 de dezembro de 1996, à Lei n. 9.648, de 27 de maio de 1998, à Lei n. 3.890-A, de 25 de abril de 1961, à Lei n. 5.655, de 20 de maio de 1971, à Lei n. 5.899, de 5 de julho de 1973, e à Lei n. 9.991, de 24 de julho de 2000; e da outras providências.

Segundo Porto (2004), o PROINFA tem por objetivos: diversificar a matriz energética brasileira, aumentando a segurança no abastecimento; valorizar as características e potencialidades regionais e locais, com a criação de empregos e capacitação e formação de mão-de-obra; e a reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Na sua proposta inicial, o PROINFA prevê:

- a) inserção de 3.300 MW no Sistema Interligado Nacional: eólica – 1.100 MW; biomassa – 1.100 MW; e PHC – 1.100 MW;
- b) entrada e operação comercial (janeiro a dezembro de 2006);

- c) energia produzida por produtor independente autônomo: eólica – limite de 50% para autônomos ou não autônomos; biomassa – limite de 25% para não autônomos (275 MW); PHC – limite de 25% para não autônomos (275 MW);
- d) limite de regionalização: eólica – 20% (220 MW); biomassa – 20% (220 MW); PHC – 15% (165 MW);
- e) PPA de 20 anos com a Eletrobrás (prazo de assinatura até o final de Maio de 2004);
- f) rateio dos custos pelos consumidores do SIN, proporcional ao consumo individual verificado (exceto o de baixa renda);
- g) valor de repasse para o consumidor (VR) = VETEF + CA;
- h) índice de nacionalização mínimo de 60% do investimento total;
- i) exigência de habilitações técnica, jurídica, fiscal e econômico-financeira;
- j) despacho prioritário;
- l) seleção por licença de instalação mais antiga, respeitando os limites de regionalização e a não preterição dos produtores independentes autônomos.

Para Felisberto e Szklo⁴⁵, o incentivo adequado às fontes alternativas de energia constitui um fator crucial de inserção destas fontes na matriz energética nacional. Portanto, o Governo brasileiro estabeleceu um marco institucional importante com a criação do PROINFA e da CDE (ambos instituídos na Lei n. 10.438/02 e regulamentados pelo Decreto n. 4.541, de 23 de dezembro de 2003).

Sem sombra de dúvida, a referida Lei representa uma perspectiva alvissareira de implementação de um programa específico de incentivo às fontes alternativas de energia no Brasil. Porém, conforme alertam Felisberto e Szklo⁴⁶, seu texto é extremamente complexo e abrange vários assuntos simultaneamente, sendo, pois, pouco preciso acerca dos temas principais que norteiam a criação do PROINFA e da CDE. Entre os principais temas relacionados ao PROINFA, a Lei 10.438/02 aborda a forma de aquisição de energia, a determinação dos preços e a definição de produtor autônomo independente. Relativamente à CDE, a referida Lei destaca a forma de composição a alocação dos recursos dessa conta.

⁴⁵ FELISBERTO, Cláudia Rosana; SZKLO, Alexandre Salem. *PROINFA e CDE: questionamentos sobre a legislação e regulamentação*: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - CBPE, 2004, Itajubá - Minas Gerais. Anais do Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 200, p.1.

⁴⁶ FELISBERTO, Cláudia Rosana; SZKLO, Alexandre Salem. *PROINFA e CDE: questionamentos sobre a legislação e regulamentação*: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - CBPE, 2004, Itajubá - Minas Gerais. Anais do Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2004, p. 2

Em seu art. 3º, a Lei n.10.438/02 institui o PROINFA, com o objetivo principal de “aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtos Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, no Sistema Elétrico Interligado Nacional”. Na regulamentação do PROINFA, foi estabelecido que o programa será administrado pelo MME e terá as seguintes atribuições: estabelecer o planejamento anual de ações a serem implementadas; estabelecer e divulgar os valores econômicos; definir medidas de estímulo ao avanço tecnológico que se reflitam, progressivamente, no cálculo dos valores econômicos; e submeter ao CNPE o planejamento anual do PROINFA.

Outro fator de destaque na Lei n. 10.438/02 é o § 1º do art. 3º, que traz a definição de produtor independente autônomo: “[...] aquele cuja sociedade não é controlada ou coligada de concessionária de geração, transmissão ou distribuição de energia elétrica, nem de seus controladores ou de outra sociedade controlada ou coligada com o controlador comum”.

Esta definição poderá representar certa limitação para aos possíveis empreendedores, uma vez que, muitos deles já possuem vínculo com distribuidoras de energia elétrica. Na verdade, existe um estreitamento nas definições de Produtor Independente Autônomo e Produtor Independente de Energia Elétrica – PIEE, definido pelo Decreto 2003 de 1996.⁴⁷

Não obstante essa limitação conceitual, o Poder Executivo poderá autorizar a Eletrobrás a realizar contratações com produtores independentes de energia elétrica que não atendam aos requisitos da definição de produtor independente autônomo, desde que o total contratado não ultrapasse 25% da programação anual e dessas contratações não resulte preterição de oferta de um produtor independente autônomo, observando-se, no caso de energia eólica, que na primeira etapa do Programa o total das contratações pode alcançar até 50% das contratações com produtores independentes. Ficou estabelecido, também, que se permitirá a participação direta de fabricantes de equipamentos de geração de energia elétrica, sua controlada, coligada ou controladora na constituição do produtor independente autônomo, desde que o índice de nacionalização dos equipamentos seja de, no mínimo, 50%.

A CDE, regulamentada pelo Poder Executivo por meio do Decreto n. 4.541, de 23/12/2002, possui os seguintes objetivos: promover o desenvolvimento energético dos Estados e a competitividade da energia produzida a partir de fontes eólica, pequenas centrais

⁴⁷ FELISBERTO, Cláudia Rosana; SZKLO, Alexandre Salem. PROINFA e CDE: questionamentos sobre a legislação e regulamentação: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - CBPE, 2004, Itajubá - Minas Gerais. *Anais do Congresso Brasileiro de Planejamento Energético*, 2004, p.3.

hidrelétricas, biomassa, gás natural e carvão mineral nacional; e promover a universalização do serviço de energia elétrica em todo o território nacional.

A CDE é movimentada pela Eletrobrás, com recursos provenientes dos pagamentos anuais realizados a título de uso de bem público, das multas aplicadas pela ANEEL a concessionários, permissionários e autorizados e das quotas anuais pagas por todos os agentes que comercializem energia com o consumidor final. Os recursos provenientes da CDE destinam-se a:

- 1) cobrir o custo de combustível de empreendimentos termelétricos que utilizam apenas carvão mineral nacional e o custo das instalações de transporte de gás natural a serem implantados por Estados onde, até o final de 2002, não exista o fornecimento de gás natural;
- 2) pagar ao agente produtor de energia elétrica das fontes participantes do PROINFA, além de térmicas a gás natural;
- 3) pagar o crédito da CDE, até 15% do montante previsto no montante da contratação dos PIE, para pagamento da diferença entre o valor econômico correspondente à geração termelétrica a carvão mineral nacional que utiliza tecnologia limpa (com operação a partir de 2003) e o valor econômico correspondente à energia competitiva;
- 4) subsidiar a tarifa residencial baixa renda.

Ficou estabelecido, porém, que a nenhuma das fontes contempladas no PROINFA e, ainda, ao gás natural e ao carvão mineral nacional, poderão ser destinados anualmente recursos cujo valor total ultrapasse a 30% do recolhimento anual da CDE.

Felisberto e Szklo⁴⁸, ao analisarem a Lei n.10.438/02 e o Decreto n. 4.541/02, apontam imprecisões que podem vir a comprometer a execução do PROINFA, referentes à garantia de compra de eletricidade, à definição da atuação dos agentes (MME, ANEEL e ELETROBRÁS), à chamada pública e à forma de fixação do preço da energia.

⁴⁸ FELISBERTO, Cláudia Rosana; SZKLO, Alexandre Salem. PROINFA e CDE: questionamentos sobre a legislação e regulamentação: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - CBPE, 2004, Itajubá - Minas Gerais. *Anais do Congresso Brasileiro de Planejamento Energético*, 2004, p.3.

3.6.1 Primeira e segunda chamadas do PROINFA

A despeito das justificadas críticas ao PROINFA, segundo a Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia (ABRACE), as empresas interessadas em participar do PROINFA não estão poupando investimentos e excelência técnica na fase de conclusão dos projetos básicos exigidos para seleção dos futuros fornecedores. Os esforços servem de termômetro para o grau de disputa em torno do programa.⁴⁹

O PROINFA previu para a primeira etapa, incentivos para 3,3 mil megawatts (MW) de energia eólica, de PCHs e de biomassa. A energia será comprada pela Eletrobrás. Na segunda fase, as distribuidoras seriam obrigadas a suprir 10% da demanda a partir de fontes renováveis. O MME garante que o cronograma original será cumprido.

Na primeira chamada do PROINFA houve críticas ao programa no que se refere aos valores econômicos estabelecidos pelo Governo Federal:

Os baixos valores econômicos divulgados pelo governo federal para o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas desestimularam os produtores, mas não foram suficientes para que eles desistissem do programa. Às vésperas de encerrar a chamada pública do Proinfa, o movimento ainda é relativamente pequeno, segundo informações do presidente da Eletrobrás, Luiz Pinguelli Rosa.[...]

"A margem líquida para o investidor diminuiu, mas o Proinfa ainda é viável", afirma Pugnaroni, contando que a Enercons está fazendo consultoria para dois projetos – um eólico e outro de biomassa – que participarão do programa. Por outro lado, o assessor da Diretoria para Assuntos de Cogeração da União da Agroindústria Canavieira de São Paulo, Onório Kitayama, acredita que o valor econômico pode diminuir a procura de produtores pelo programa de incentivo.⁵⁰

Na segunda chamada do PROINFA, realizada em 24.11.04, segundo matéria publicada no jornal *Gazeta Mercantil* nessa data⁵¹, constatou-se o aumento do interesse dos produtores de energia elétrica por meio de biomassa em relação ao referido programa. A Eletrobrás informou a recepção da inscrição de cinquenta e quatro empreendimentos, correspondentes a 1.123,87 MW de potência na segunda chamada para a categoria de biomassa do PROINFA, cujo prazo se encerrou no dia 19.11.04. Essa segunda etapa visava à

⁴⁹ <<http://www.abrace.org.br/noticia.asp?IdClip=8229>>. Acesso em: 24 nov 2004

⁵⁰ <<http://www.brascanenergetica.com.br/clipping/clipping10.htm>>. Acesso em: 05 mai 2004

⁵¹ <http://www.udop.com.br/geral.php?item=noticia¬_n_cod=19842&PHPSESSID=ff0d410b096542aa6d6f7b088916468e>. Acesso em: 24 mai 2004

contratação de 772,54 MW de potência instalada para completar a meta de 1,1 mil MW da primeira chamada.

A Eletrobrás informou, também, que o processo de habilitação e seleção dos empreendimentos já começou, estendendo-se até 28 de dezembro de 2004. As empresas paulistas foram as responsáveis pelo maior número de empreendimentos, com 51,7% do total. Em segundo lugar ficaram as paranaenses, com 17,3%. O Espírito Santo foi representado por 6,9% dos projetos, enquanto Mato Grosso, Pernambuco e Minas Gerais tiveram 5,3%, 5,0% e 3,7%, respectivamente. Em seguida, ficaram Mato Grosso do Sul, Bahia e Alagoas, com 1,8% cada um. Goiás ficou com 1,7%; Rio Grande do Sul, 1,4%; e Rio Grande do Norte, 1,3%. O estado da Paraíba teve a menor participação, com 0,4%.

4 CRÉDITOS DE CARBONO: CERTIFICADOS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES E CERTIFICADOS NEGOCIÁVEIS DE ENERGIA RENOVÁVEL

Essa água brilhante que escorre nos riachos e rios não é apenas água, mas o sangue de nossos antepassados. Se lhes vendermos a terra, vocês devem lembrar-se que ela é sagrada, e devem ensinar às suas crianças que ela é sagrada e cada reflexo nas águas límpidas dos lagos fala de acontecimentos e lembranças da vida do meu povo. O murmúrio das águas é a voz de meus ancestrais. Os rios são nossos irmãos, saciam nossa sede. Os rios carregam nossas canoas e alimentam nossas crianças. Se lhes vendermos nossa terra, vocês devem lembrar e ensinar a seus filhos que os rios são nossos irmãos, e seus também. E, portanto, vocês devem dar aos rios a bondade que dedicaríamos a qualquer irmão.

CHEFE SEATTLE (1854)

A preocupação mundial com a necessidade de preservação ambiental, principalmente com a emissão de gases de efeito estufa, é hoje uma realidade que está motivando o desenvolvimento progressivo de uma verdadeira consciência ambiental. O sinal mais expressivo desta conscientização foi a *Convenção de Mudanças Climáticas*, realizada em 1992, e as posteriores *Conferências das Partes*, sempre visando alcançar equacionamentos complexos, que, por suas repercussões macroeconômicas, representam grandes desafios no plano do Direito Internacional.

O Direito Internacional moderno deixou de lado seu posicionamento clássico estável e adaptou-se aos diversos fenômenos que marcam a sociedade global, modernizando sua legislação, principalmente no campo do Direito Internacional, do Direito Econômico e do Direito Internacional do Meio Ambiente. No quadro atual das relações internacionais, as já complexas negociações sobre a proteção ambiental tornam-se ainda mais difíceis, por envolver questões econômicas, políticas e de soberania, embora, inegavelmente, estejam progredindo. Segundo Christofari⁵², “o processo vem se desenvolvendo em ritmo compatível com a complexidade envolvida nas negociações, das quais resultam as formulações no campo do Direito Internacional, com o que se poderia chamar de ‘idas e vindas’ diplomáticas.”

E como sempre ocorre em todo acordo político, as negociações conduzem a eventuais concessões, e estas devem ser entendidas não como retrocessos, mas, sim, como

⁵² CHRISTOFARI, Vilson Daniel. Aspectos ambientais e estratégicos – segurança dos sistemas. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, P. 188, 2004.

encaminhadoras dos acordos possíveis. Nesse processo, incluem-se a Conferência de Quioto e a Conferência de Marraqueche.

4.1 O Protocolo de Quioto e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

O *Protocolo de Quioto* é um acordo internacional que estabelece metas de controle dos gases causadores do efeito estufa. Os países desenvolvidos precisam reduzir em pelo menos 5,2% em relação aos níveis registrados em 1990, as emissões de gases no período de 2008 a 2012. Composto de um preâmbulo, 28 artigos e dois anexos, o *Protocolo* foi aprovado e aberto a assinaturas na cidade japonesa de Quioto, em 14 de dezembro de 1997, durante a *Terceira Conferência das Partes*. O Anexo 1, elaborado a partir da *Rio-92*, lista 41 países desenvolvidos ou “industrializados em processo de transição para uma economia de mercado”, aos quais coube assumir um certo número de compromissos exclusivos.

O *Protocolo de Quioto*, assinado por 141 países, teve a adesão da Rússia em 18 de novembro de 2004, atingindo, dessa forma, a cota mínima para a sua entrada em vigor, que dependia da ratificação por, pelo menos, 55 partes e de que os países do Anexo 1 que o ratificarem tenham sido responsáveis, em 1990, por pelo menos 55 % das emissões totais de dióxido de carbono daquele conjunto. No Brasil, o *Protocolo de Quioto* foi aprovado pelo Decreto Legislativo n. 144, de 20 de junho de 2002. Destaca-se a ausência do maior emissor de dióxido de carbono do planeta, os EUA em virtude da recusa de seu representante a ratificar a celebração do documento.

O *Protocolo de Quioto*, prevê, em seu art. 4.5, três mecanismos de flexibilização, a serem utilizados para o cumprimento das exigências de reduções de emissões fora de seus territórios. Dois desses mecanismos correspondem somente a países do Anexo B: a Implementação Conjunta (*Joint Implementation*) e o Comércio de Emissões (*Emission Trading*). O terceiro, MDL (*Clean Development Mechanism*), permite a comercialização dos Créditos de Carbono entre os países relacionados no Anexo I do *Protocolo*, com os países não relacionados, com o objetivo de apoiar o desenvolvimento sustentável.

O MDL consiste, basicamente, na possibilidade de um país desenvolvido financiar projetos em países em desenvolvimento como forma de cumprir parte de seus compromissos. Ou seja, um país desenvolvido pode comprar reduções certificadas de emissões de países não desenvolvidos, financiando projetos que permitam a estes se desenvolver sem aumentar suas

emissões. Em outras palavras, o MDL vai oferecer opções mais baratas e complementares para a redução de emissões dos gases de efeito estufa, tornando disponível a comercialização dos *Certified Emissions Reductions*, que, assim, se tornarão, em breve, uma mercadoria a ser negociada em todo o mundo. Espera-se que os distintos Créditos de Carbono, destinados a obter reduções dentro de cada item, sejam comercializados entre países de um mesmo mercado de carbono. As negociações acerca dos detalhes, incluindo a forma em que se distribuirão os benefícios, estão em andamento.

Segundo Lima e Bermann⁵³, em todas as COPs já realizadas foram tomadas decisões favoráveis à sua implementação. Mas foi durante a COP4, realizada em Buenos Aires, com a instalação de um “processo de consulta” sobre transferência tecnológica, que este tema ganhou novo impulso. Na COP6, as partes chegaram a um acordo, denominado *Bonn Agreements on the Implementation of the Buenos Aires of Action*, que inclui temas chave de desenvolvimento e transferência tecnológica. Já na COP7, realizada em Marraqueche, os acordos estabelecem a criação do EGTT, que tem por objetivos: incrementar a implantação do referido art. 4.5; facilitar as atividades de transferência; e fazer recomendações ao Conselho de Ciência e Tecnologia (SBSTA).

A partir da COP7, muitos debates estão sendo promovidos, e muitos estudos publicados têm fornecido informações e idéias significativas sobre a questão da transferência tecnológica, com base nos cinco temas considerados pelo art. 4.5 do *Protocolo de Quioto*: a criação do EGTT; o desenvolvimento de uma metodologia para quantificar a necessidade tecnológica dos países; o desenvolvimento de um centro que agregue informação sobre a transferência tecnológica, denominado TT: CLEAR, formando uma rede de centros de informação tecnológica; a formulação de ações por parte dos governos que estabeleçam um ambiente propício para uma maior eficiência de transferência tecnológica; e a promoção da formação humana e institucional visando à ampliação da transferência tecnológica. Essas ações teriam o financiamento de um fundo especial da convenção de mudanças climáticas. “Resta esperar para saber se os mecanismos de implementação superarão as barreiras encontradas”, alertam Lima e Bermann⁵⁴. Mas para o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS):

⁵³ LIMA, Felipe Palma; BERMAN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004.

⁵⁴ LIMA, Felipe Palma; BERMAN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004.

Acima de todas as eventuais discordâncias, o uso racional de recursos energéticos e naturais (e a conseqüente diminuição de custos, que decorre desse uso menos perdulário e mais sustentado) gera ganhos – diretos e indiretos – para o processo produtivo de todas as nações, em todos os setores.⁵⁵

Estamos, portanto, a um passo da oportunidade de construirmos um futuro, no qual a inovação tecnológica e o desenvolvimento sustentável se transformem em oportunidades de negócios que geram empregos, melhoram a renda e ampliam o padrão social.⁵⁶

No plano latino-americano, a cooperação entre os países em relação ao desenvolvimento de estratégias comuns de políticas energéticas sustentáveis é um bom caminho para fortalecer o intercâmbio de experiências no âmbito regional. Esse caminho poderá ser criado a partir da Iniciativa Latino-Americano e Caribenha para o Desenvolvimento Sustentável, aprovada durante o primeiro encontro especial do Fórum de Ministros de Meio Ambiente da América Latina e do Caribe durante a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável de 2002, em Johannesburgo.

Ainda que alguns escopos do MDL sejam objeto de muitas discussões, no Brasil a eficiência energética e o aproveitamento de fontes alternativas de energia estão entre aqueles que representam consenso. Sobre a questão, Perreira, Carvalho e Allatta asseveram:

O Protocolo [...] permite ações de redução de emissão no próprio país signatário ou em outros países com crédito de emissões certificadas para o eventual patrocinador do projeto. Um destes esquemas de flexibilização, que afeta diretamente países como o Brasil, é o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, através do qual, países desenvolvidos, com obrigações no âmbito do Protocolo, poderiam implementar projetos no Brasil, por exemplo, e contabilizando para si as reduções de emissões certificadas. Projetos de geração de energia elétrica, fazendo uso de fontes renováveis, substituindo projetos existentes ou por instalar poderiam auferir estes créditos, criando-se, assim, um incentivo à sua implantação.⁵⁷

A possibilidade de utilização do MDL já vem sendo contemplada em alguns dos dispositivos legais brasileiros, como o Decreto nº.4.541, de 23 de dezembro de 2002, art. 12, inciso IX, segundo o qual nos contratos de compra de energia do PROINFA, deverão constar cláusula em que o gerador deve dar poderes à Eletrobrás para questionar, em conjunto ou isoladamente, o oportuno enquadramento do empreendimento do Mecanismo de

⁵⁵ CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização*. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

⁵⁶ CARDOSO, Paulo Henrique. A um passo de um futuro mais limpo. *O Globo*. Rio de Janeiro, 6 dez. 2001. Disponível em: <<http://www.cebds.com//asp/artview.asp?ID=60>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

⁵⁷ PEREIRA, Osvaldo Soliano; CARVALHO, Kleber; ALLATTA, Eduardo. Análise comparativa da regulação internacional referente às energias renováveis. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.165, abr. 2004.

Desenvolvimento Limpo da *Convenção Quadro de Mudanças do Clima das Nações Unidas*. Já a Lei n. 10.612, de 23 de dezembro de 2002, art. 3º, define que uma das fontes financeiras para a subvenção econômica à aquisição de veículos automóveis movidos a álcool etílico hidratado carburante seja formada por recursos recebidos do exterior, inclusive doações, decorrentes de compensações financeiras pela redução de emissões, nos termos do *Protocolo de Quioto*.

Segundo Christofari⁵⁸, o MDL pode representar importante impulsionador do aproveitamento de fontes alternativas de energia no Brasil. A participação de um projeto no MDL estará direcionada à confirmação da efetiva redução das emissões, representando benefícios reais, mensuráveis, de longo prazo e relacionados à mitigação da mudança do clima. No caso brasileiro, vários programas e projetos poderão ser indicados à certificação, como aqueles relacionados a: cogeração de energia a partir do bagaço da cana, geração de energia elétrica a partir das fontes eólicas e de biomassa, programa do álcool, reflorestamento e conservação de energia nos diferentes setores de atividade econômica.

A crítica mais contundente ao uso dos mecanismos de flexibilização do *Protocolo de Quioto* vem do *Greenpace*, ao considerar que os projetos relacionados com sorvedores de carbono, energia nuclear, grandes represas e “carbono limpo” não cumprem com os requisitos necessários para obter créditos de emissão, de acordo com o MDL, que requer que os projetos produzam benefícios em longo prazo, reais e mensuráveis. A referida entidade explica que as atividades compreendidas nos referidos mecanismos devem ser desenvolvidas adicionalmente às ações realizadas pelos países industrializados dentro de seus próprios territórios. Entretanto, os Estados Unidos, como outros países, tentam a todo custo evitar limites sobre o uso que podem fazer desses mecanismos que permitem aos países ricos medir o valor líquido de suas emissões. Ou seja, contabilizar as reduções de carbono vinculadas às atividades de desmatamento e reflorestamento, o que tem sido motivo de grande debate. Há outra cláusula que permitiria incluir outras atividades entre os sorvedores de carbono, como a fixação de carbono no solo, motivo de preocupação especial. Para o *Greenpace*, é essencial a criação de um mecanismo que garanta o cumprimento do *Protocolo de Quioto*.

⁵⁸ CHRISTOFARI, Vilson Daniel. Aspectos ambientais e estratégicos – segurança dos sistemas. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a.1, n.001, p.190, abr. 2004.

4.1.1 O MDL, a *Conferência de Marraqueche* e demais *Conferências das Partes*

Na *Conferência de Marraqueche*, os destaques ficam para o grande avanço na definição de regras operacionais para o desenvolvimento do MDL, as metodologias para o estabelecimento das linhas de base e o monitoramento dos projetos, a fixação do ciclo das atividades dos projetos candidatos ao MDL e a eleição do Conselho Executivo do MDL, responsável pela implantação do referido mecanismo. Segundo o Relatório COP7 do CEBDS:

A reunião da ONU sobre Mudanças Climáticas, no Marrocos, se propunha – basicamente – a dar um formato jurídico adequado às decisões de implementação do Protocolo de Quioto. A COP7 de Marrakesh tomou também algumas decisões importantes e de especial interesse para os empresários brasileiros interessados no Comércio de Emissões, decorrentes dos mecanismos estabelecidos pelo Protocolo de Quioto.

I - A primeira e mais importante diz respeito à eleição do Executive Board que deverá cuidar, no âmbito da ONU, da gestão dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Nesse item também, o grande destaque foi a escolha, por unanimidade, do Dr. Gylvan Meira Filho, do Brasil, como representante da América Latina e Caribe.

II – Outra decisão importante é a de que os países não precisarão ratificar o Protocolo de Quioto – (ou seja: aprovar o Protocolo nos respectivos Parlamentos, transformando-o em Lei) – para participar do Comércio de Emissões.

Isso quer dizer que países como os EUA (que, em princípio, se negam a ratificar o Quioto) podem adquirir e operar comercialmente com as "unidades de redução de emissões". Além de montar sistemas de comercialização (Bolsas, Trading Cias etc) esses países poderão também comprar as unidades de redução para utilizá-las caso venham a ratificar o Protocolo.

Em termos práticos isso resulta em um significativo aumento do potencial do mercado e do comércio de emissões (embora o fato da não obrigatoriedade de ratificação implique também num possível rebaixamento de preço das unidades de redução de emissões comercializáveis).⁵⁹

No plano do Direito Internacional, o *Acordo de Marraqueche* regulamentou o “regime de cumprimento”, conjunto de regras e procedimentos de verificação da implementação dos compromissos assumidos através do *Protocolo de Quioto*. A partir de tal regulamentação, os países que descumprirem os referidos compromissos, assumidos internacionalmente, estarão sujeitos a sanções impostas por um Comitê Internacional, com conseqüências juridicamente vinculantes:

⁵⁹ CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização*. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

Foi também inovadora a decisão adotada pela conferência quanto ao regime de cumprimento do protocolo e suas conseqüências. Será constituído um comitê de cumprimento, com dois braços de atuação: um como facilitador e outro com funções coercitivas. Com isso, pela primeira vez se estabelecerá um regime jurídico internacional para o caso de não-cumprimento de um acordo da ONU.⁶⁰

O destaque da *Conferência de Marraqueche* de maior interesse no âmbito desta pesquisa se faz para as recomendações específicas para a energia elétrica, tais como a aplicação de modalidades e procedimentos simplificados para os pequenos projetos candidatos ao MDL, definidos como: projetos de energia renovável com capacidade de até 15MW; e projetos de eficiência energética, que reduzam o consumo até o equivalente a 15 GWh/ano.

Na COP-8 (*Oitava Conferência das Partes*), realizada, em 2002, na Índia, a tônica maior foi a pressão para que os países subdesenvolvidos adotem metas de redução de emissões dos gases que causam o efeito estufa, com validade a partir de 2013, com a inclusão do Brasil, Índia e China. A participação brasileira tem sido e deverá continuar sendo relevante nos debates e entendimentos entre as nações para o equacionamento desse difícil desafio de regulamentação na área do Direito Internacional.

Em 2003, na cidade de Milão, Itália, ocorreu a *Nona Conferência das Partes da Convenção-Quadro nas Nações Unidas sobre Mudança do Clima*, a COP-9, que deliberou sobre: modalidades e procedimentos para as atividades de projeto de florestamento e reflorestamento no âmbito do MDL; guia de boas práticas para preparação de inventários de gases de efeito estufa no Setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas; fundo especial para alterações climáticas; e fundo para os países menos desenvolvidos.

A COP-10 foi realizada em Buenos Aires, Argentina, em 2004, na qual se discutiram sobre a *Convenção do Clima* após 10 (dez) anos, os impactos da mudança do clima, adaptação e desenvolvimento sustentável, tecnologia e mudança do clima; e sobre a mitigação da mudança do clima: as políticas e seus impactos.

Posteriormente, na COP-11, em Montreal, Canadá, foram discutidos temas sobre o “Programa de Trabalho” de cinco anos do órgão subsidiário de assessoramento científico e tecnológico sobre impactos, vulnerabilidade e adaptação à mudança do clima, diálogo sobre ações de cooperação de longo prazo para lidar com a mudança do clima por meio da melhoria

⁶⁰ CARDOSO, Paulo Henrique. A um passo de um futuro mais limpo. *O Globo*. Rio de Janeiro, 6 dez. 2001. Disponível em: <<http://www.cebds.com//asp/artview.asp?ID=60>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

da implementação da convenção, orientação adicional a uma entidade operacional do mecanismo financeiro, desenvolvimento e transferência de tecnologias e submissão de segundas e, quando apropriado, terceiras comunicações de partes não incluídas no Anexo I da *Convenção das Partes*.

Em novembro de 2006, em Nairobi, Kênia, ocorreu a COP-12, marcada pela forte presença de Organizações Não Ambientais (ONGs). Dentre outras decisões, cuidou-se da revisão do mecanismo de financiamento e do desenvolvimento e transferência de tecnologia. Na ocasião, o CEBDS realizou um evento para divulgar os projetos brasileiros na área de energia voltados para o combate do aquecimento global denominado “Mecanismos de Desenvolvimento Limpo no Brasil: Soluções vencedoras para mudança do clima global, e desenvolvimento”.

4.2 Origem e Aplicação dos Créditos de Carbono e dos Certificados de Energia Renovável

Os Créditos de Carbono, ou Certificados de Emissões Reduzidas, são incentivos que se originam de redução de emissões e/ou remoção de CO₂ nos países que não integram o Anexo 1, conforme determina o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, por sua vez, originado do art. 4.5 do *Protocolo de Quioto*, que criou a necessidade das partes envolvidas de tomar atitudes no sentido de promover, facilitar e financiar a transferência de tecnologias que contribuam para reduzir a mudança climática. Portanto, os projetos desenvolvidos em países em desenvolvimento podem gerar Certificados de Redução de Emissão (CREs), que podem ser vendidos aos países do Anexo 1, constituído pelos países industrializados.

O *Protocolo de Quioto*, além do MDL, prevê outros mecanismos flexíveis que permitem a promoção significativa das tecnologias para produção de energias renováveis e os projetos de eficiência energética. São eles: o IET, que permite aos países comprar e vender direitos de emitir, estando limitado aos países do Anexo 1; e a Implementação Conjunta (JI), que facultam aos projetos a capacidade de gerar reduções de emissão de CO₂, que podem ser compradas ou vendidas entre países do Anexo 1 do Protocolo.

Também originados no MDL, os Certificados Negociáveis de Energia Renovável (CNER) ou Certificados Verde, ou, ainda, os *greeness*, é o mais recente instrumento destinado a incentivar a participação de energia renovável no cenário energético mundial. Suas principais características são: estabelecimento de quotas obrigatórias de produção impostas

aos operadores do mercado de energia elétrica, todavia, permitindo que estas quotas sejam atingidas mediante produção própria; contratos bilaterais, e compra de certificados, flexibilizando, portanto, os mecanismos para se atingir o objetivo final. As vantagens dos CNERs são muitas:

- redução de gases de efeito estufa;
- melhoria da qualidade do ar local;
- diversidade de fornecimento e segurança no abastecimento;
- redução da importação de energia e promoção da utilização dos recursos;
- desenvolvimento do mercado de energia renovável;
- desenvolvimento da indústria de energia renovável.

O MDL propicia uma conexão entre os países do Anexo 1 e os países em desenvolvimento. Estes ganham em capacidade, tecnologia e financiamento ao reduzirem a emissão de gases de efeito estufa, ao mesmo tempo em que alcançam o desenvolvimento sustentável. A conexão entre os dois mercados - o de emissão de CO₂ e o de Certificado Verde - atua da seguinte forma:

- Os mercados têm prioridades diferenciadas e são, basicamente, separados: o mercado de emissões europeu faz clara diferenciação na valoração do mercado de fontes renováveis e de emissão de CO₂.
- Combinar os certificados pode levar a dificuldades: o cálculo do benefício de redução de gases de efeito estufa de um Certificado Verde é difícil de ser mensurado.
- A conexão pode ser vista nos processos de monitoramento e verificação: a redução de emissão pode ser acoplada à quantidade de eletricidade produzida; a produção é monitorada pelo órgão emissor.

Os projetos MDL precisam da aprovação do país anfitrião para se saber se a atividade do projeto é consistente com as suas metas de desenvolvimento sustentável. O MDL exige que os projetos alcancem reduções de emissão que sejam reais, mensuráveis e adicionais ao que teria acontecido. Os CREs devem ser certificados e verificados por uma parte não envolvida e independente, para assegurar a integridade ambiental.

4.3 As Aplicações dos CREs como forma de incrementar a oferta de energia alternativa

Os direcionamentos e mecanismos de flexibilização estabelecidos pelo *Protocolo de Quioto*, como o MDL, segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), abrem uma possibilidade concreta para, por meio de instrumentos de mercado, redirecionar, em bases mais austeras, os níveis de consumo de recursos naturais. Em especial, os energéticos, atualmente, de alto impacto negativo ao ambiente. Nesse sentido:

O objetivo da racionalidade energética, da recuperação ambiental e do uso sustentado dos recursos naturais, além de estimular o avanço e a disseminação de boas práticas e tecnologias, é também se tornar importante vetor de crescimento e diversificação de negócios, induzindo à competitividade e ao melhor atendimento da responsabilidade social corporativa das empresas.⁶¹

Grau Neto⁶² especifica os aspectos jurídicos e os cuidados necessários para se entrar no Mercado de Certificados de Carbono, informando que participam do comércio de carbono os países desenvolvidos, países em desenvolvimento e/ou entidades públicas ou privadas desses países, desde que autorizadas. Para o CEBDS, a implementação desse mecanismo de flexibilização deve ser encarada com total prioridade, em virtude dos efeitos positivos e multiplicadores que apresenta.

Isso exige um conjunto mínimo de definições sobre a elegibilidade de projetos de MDL ou, mais concretamente, um consenso sobre as áreas e setores que, ainda que apenas em uma primeira fase de implementação, se apresentem como as mais qualificadas e operacionais para a alavancagem do mercado de Certificados de Redução de Emissões – CREs.⁶³

O Certificado de Redução de Emissão (CRE) é um instrumento atrativo em termos econômicos e de proteção ambiental, pois estimula a criação e implementação de

⁶¹ CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização*. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

⁶² GRAU NETO, Werner. Os aspectos jurídicos e os cuidados necessários para entrar no mercado de certificados de carbono. [s.l.]: Pinheiro Neto Advogados, 2003.

⁶³ CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização*. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/position-paper.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

novas tecnologias de desenvolvimento limpo em países como o Brasil. Reflete uma imagem ambientalmente responsável. Estima-se que a demanda de Créditos de Carbono movimentará US\$ 20 bilhões por ano. É possível retirar os títulos de Crédito de Carbono do mercado para obter a proteção ambiental desejada. Segundo o CEBDS:

O mercado mundial de *commodities* apresenta a capacidade de, com base na demanda e na oferta de bens, definir preços, critérios de seleção e valoração das mercadorias, tendo por base os riscos, a solidez empresarial dos empreendimentos e a sua capacidade de produção de ativos. Essa também é a dinâmica do mercado de CERs, que é quem, de fato, deve e vai definir o posicionamento e a performance dos diversos projetos de MDL habilitados a esse mercado. Essa capacidade do mercado mundial de commodities, entretanto, não poderá se exercer sem uma definição clara da mercadoria “alvo”. Ou seja, sem que estejam definidas as ações elegíveis para materializar os volumes de redução de emissões transacionáveis através dos CREs.⁶⁴

Os projetos MDL de sustentação do mercado de crédito de carbono se caracterizam pela participação voluntária das partes envolvidas e pela *baseline* de emissões, ferramenta para medir as reduções de emissão e assegurar que estas sejam *adicionais*. As *baselines* podem ser expressas como as emissões anuais no período do projeto (t CO₂) ou como uma taxa de emissões (tCO₂ / t produzida). Se as emissões do projeto forem menores do que as emissões *baseline*, o projeto é considerado *adicional*. Os CREs são calculados com base na diferença entre as emissões do projeto e as emissões *baseline*. Ou seja, o projeto MDL é medido em comparação com a linha de base.

O empreendimento MDL precisa da aprovação da AND e da Comissão Executiva, e da verificação pela EOD, antes de os CREs poderem ser emitidos. O CRE vale cerca de USD 3-6.5 t/CO₂, ao preço de mercado atual. Isso pode aumentar com a introdução do mercado de emissões europeu.

Em seu Relatório da COP7, o CEBDS explica a obrigatoriedade de utilização dos mecanismos de flexibilização do *Protocolo de Quioto* pelos países do Anexo 1, no processo de contabilização das reduções de emissões via CREs:

IV – Ficou decidido em Marrakesh que os países, do Anexo 1, obrigados a fazer reduções de emissões, contabilizadas através das AAU (Assined Amount Units) deverão utilizar os Mecanismos de Flexibilização de Quioto para fechar seus

⁶⁴ CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização*. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/position-paper.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

compromissos (de redução de emissões) no primeiro período de cumprimento do Protocolo (2008 – 2012).

Se adquiridos em volume maior, estas unidades de redução só poderão ser contabilizadas no 2.º período de compromisso em volumes equivalentes a até, no máximo, 2,5% do total das emissões definidas por país (AAU). Os "RMU" (Removal Units – provenientes de "sinks") não poderão ser "carregados" para utilização no 2o. período de cumprimento.

Obs.: Essa limitação é importante (e de interesse para o empresariado brasileiro) pois evita que um país (obrigado a fazer reduções) "encarteire" (ou "entesoure") – um volume muito grande de redução de emissões a baixo valor (via CREs, por exemplo).

Isso – além do risco de "desmoralização" de todo o processo de uso dos mecanismos – faria com que um país pudesse entrar no 2.º período de cumprimento com custos de redução de emissões desproporcionalmente rebaixados face os outros países.⁶⁵

O mercado de crédito de carbono poderá contribuir com recursos adicionais aos projetos que reduzirem a emissão de gases que causam o efeito estufa. Por outro lado, não se pode garantir que tal mercado de crédito irá incentivar políticas energéticas que busquem a sustentabilidade. Entre as principais barreiras destacam-se: a dificuldade de acesso ao capital; as dificuldades institucionais e administrativas dos governos; e o pouco acesso à informação. Registram-se, também, o baixo incentivo às empresas privadas para divulgar gratuitamente a sua tecnologia e a descontinuidade da geração elétrica das fontes renováveis.

Segundo Pereira, Carvalho e Allatta⁶⁶, para que o mercado dos certificados se consolide, alguns instrumentos devem ser colocados em prática, tais como: certificação dos produtores e da energia gerada; mecanismos de acompanhamento das trocas; regime de controle de cumprimento das obrigações; e sistemas de penalidades. A consolidação do mercado também exigirá definições, como: metas e prazos para se alcançar as quotas; validade do certificado; possibilidade de preço piso e teto para os certificados; operador submetido às quotas; e elegibilidade dos projetos (tecnologias distintas, apenas projetos novos ou também projetos já existentes). Em última instância, asseveram os autores, para um funcionamento satisfatório desse mercado deve-se alcançar um compromisso entre o preço da eletricidade ao consumidor final e o interesse do investidor para empreender tais projetos. Porém, para que tal ocorra, segundo o CEBDS:

É da maior importância que, além das definições nacionais, com a maior agilidade possível, seja constituído e comece a funcionar, no âmbito do Protocolo de Quioto, o *Executive Board*, definido com instância maior e geral de avaliação e legitimação

⁶⁵ CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização. Disponível em: <http://cebds.com/mudancasclimaticas.htm>. Acesso em: 22 ago. 2004, p2.

⁶⁶ PEREIRA, Osvaldo Soliano; CARVALHO, Kleber; ALLATTA, Eduardo. Análise comparativa da regulação internacional referente às energias renováveis. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.160-183, abr. 2004.

das ações e projetos MDL voltados para a redução de emissões. Ações e projetos que efetivamente produzirão os CREs correspondentes às emissões reduzidas e se constituirão em um novo mercado de *commodities*.

É esse mercado, operando de forma transparente as iniciativas empresariais, amparado, com simplicidade e clareza, sem sólidos critérios de elegibilidade de ações e projetos MDL, que induzirá e promoverá um fluxo constante de aprimoramento nas exigências de credibilidade, garantias, segurança, transparência pública e efetividade produtiva dos CREs.⁶⁷

Segundo Meira Filho⁶⁸, o setor privado será o beneficiário do MDL, e é importante que participe já na sua regulamentação, por intermédio de prestação de assessoria ao Governo na identificação de tipos de projetos de seu interesse. A experiência do setor privado deverá, necessariamente, ser utilizada no estabelecimento das regras de avaliação das reduções de emissões, que deverão ser tecnicamente corretas e transparentes, para que os Certificados de Redução de Emissões possuam a credibilidade necessária para garantir seu valor no mercado.

Há estimativas de que o custo para evitar a emissão de uma tonelada de carbono (na forma de gás carbônico) pode ser da ordem de US\$ 100 por tonelada. Sabe-se, também, que as emissões dos países industrializados, na realidade, aumentaram de tal forma que deverão sofrer uma redução real maior do que os 5% em relação aos níveis de 1990, previstos no *Protocolo de Quioto*. Assim, o impacto econômico desse esforço será de muitas dezenas de milhões de dólares por ano. O sucesso da regulamentação do MDL e a capacitação do setor privado para elaborar projetos apropriados poderão significar que uma fração desse total seja aplicada em projetos no Brasil, conclui Meira Filho⁶⁹.

Nesse sentido, percebe-se a capacidade do Brasil em aproveitar as oportunidades do MDL com o ineditismo do Programa Novagerar, o primeiro projeto certificado do mundo. Esse Programa, registrado pelo Comitê Executivo do MDL, em 18 de novembro de 2004, na sede do MDL em Bonn, Alemanha, tem por finalidade produzir energia elétrica por meio da coleta do biogás no aterro sanitário da Central de Tratamento de Resíduos de Nova Iguaçu, localizado no Rio de Janeiro, o que propiciará a redução de emissões de GEE.

⁶⁷ CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização*. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

⁶⁸ MEIRA FILHO, Luiz Gylvan. *Participação do setor privado no MDL*. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/participacao-setor-privado.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

⁶⁹ MEIRA FILHO, Luiz Gylvan. *Participação do setor privado no MDL*. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/participacao-setor-privado.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

Também merece destaque a Companhia Açucareira Vale do Rosário, a primeira usina a receber o Certificado de Crédito de Carbono, em face da sua produção de energia limpa e renovável, como a geração de energia elétrica a partir do bagaço. Conforme se verifica no Capítulo VI a Vale do Rosário, objeto de estudo de caso, recebeu este certificado, expedido pela empresa alemã *TUV Süddeutschland*, uma das poucas certificadoras internacionais credenciadas para validar créditos de carbono.

4.4 A Participação no mercado dos Certificados Negociáveis de Energia Renovável

Além da função de complementaridade aos Certificados de Redução de Emissões, os Certificados Negociáveis de Energia Renovável (CNERs), ou Certificados Verdes, têm a função de incrementar o desenvolvimento da produção de energias renováveis, haja vista a constatação de que as tecnologias de energia renovável alternativa não possuem competitividade sem que sejam subsidiadas.

Os CNREs, assim como os CREs, também promovem a redução dos GEE e a melhoria de qualidade do ar local, além de fomentarem o desenvolvimento do mercado e da indústria de energia renovável e de darem segurança ao abastecimento, por se caracterizarem como geração distribuída; ou seja, a geração é próxima do centro de carga, o que melhora, até mesmo, a confiabilidade do sistema de energia elétrica.

O valor dos CNERs depende da estrutura do mercado onde ele opera: no Reino Unido, os certificados estão sendo comercializados em torno de 4,6 p/kWh (USD 86,9/MWh = 260,70 reais/MWh (dólar a R\$3,00)). O sistema de CNERs registra a eletricidade gerada a partir de fontes renováveis (normalmente 1MWh/unidade) e o órgão emissor certifica, emite e monitora os CNERs para evitar dupla contabilização da energia. Um sistema bem desenhado de CNERs pode co-existir com o MDL, sistema que deverá possuir atratividade mercadológica e suporte institucional.

Ressalte-se que o mecanismo de Certificados Verdes se apresenta por acordos voluntários entre as partes interessadas, não havendo uma política de Estado que os incentive, a despeito dos benefícios que se projetam, carecendo de medidas regulatórias para que as fontes de energia renováveis se viabilizem.

A primeira transação envolvendo a negociação de Certificados Verdes foi a venda, pela Hidroelectrica Papeles Elaborados (HPE), empresa de eletricidade localizada na

Guatemala, para a Nuon, uma grande concessionária de energia elétrica da Holanda e Alemanha, de todos os benefícios ambientais da HPE por dez anos, relativos ao empreendimento de 8,2 MW no rio Poza Verde.

5 A DIVERSIFICAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Não há lugar quieto nas cidades do homem branco. Nenhum lugar onde se possa ouvir o desabrochar de folhas na primavera ou o bater das asas de um inseto. Mas talvez seja porque eu sou um selvagem e não compreendo. O ruído parece somente insultar os ouvidos. E o que resta da vida se um homem não pode ouvir o choro solitário de uma ave ou o debate dos sapos ao redor de uma lagoa à noite? Eu sou um homem vermelho e não compreendo. O índio prefere o suave murmúrio do vento encrespando a face do lago, e o próprio vento, limpo por uma chuva diurna ou perfumado pelos pinheiros.

CHEFE SEATTLE (1854)

O atual perfil energético mundial está fortemente apoiado na utilização de fontes primárias não-renováveis, ou seja, de combustíveis fósseis. Entretanto, asseveram Reis *et al*⁷⁰, este perfil apresenta traços de forte heterogeneidade. Isso porque existem regiões onde esse padrão não é reproduzido, em razão da grande disponibilidade de outras fontes e da adoção de estratégias específicas. É o caso do Brasil, que tem na geração hidrelétrica, fonte renovável, a grande supridora de energia elétrica, em função tanto de seu grande manancial de fontes hídricas como da prática das políticas de gerenciamento do setor elétrico, verificada nas últimas décadas. Em compensação, no que diz respeito às outras fontes alternativas, a presença de centrais eólicas, centrais solar-fotovoltaicas e centrais de biomassa está restrita, por enquanto, a projetos de pequeno porte para alimentação de sistemas isolados, distantes dos centros de consumo, ou então, a projetos-piloto.

As atuais mudanças observadas nesse cenário vêm associadas ao aumento da participação da geração termelétrica. Tais mudanças incluem: abertura à competição; entrada dos capitais privados; e revisão do papel do Estado quanto à regulação, regulamentação e fiscalização do setor energético. No caso da geração termelétrica, seu aumento deverá se basear, principalmente, na utilização do gás natural, em função da provável grande disponibilidade deste combustível no Brasil. Tal processo se efetivará pela implementação de projetos de interligação energética com outros países da América do Sul a custos competitivos. A recente inserção da utilização do gás natural origina-se da atual falta de investimentos no setor elétrico brasileiro e vem sendo estimulada por privilegiar projetos de

⁷⁰ REIS, Lineu Belico dos *et al.* Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, cap.2, p.43-127, 2000.

rápida execução, ao contrário dos projetos de geração hidrelétrica, que demandam mais recursos e mais tempo para serem finalizados.

Pode-se afirmar, asseveram Reis *et al*⁷¹, que a geração de energia elétrica no Brasil ainda terá um perfil fortemente hidrelétrico em médio prazo. Entretanto, o perfil renovável que hoje se verifica na matriz energética do País pode ficar comprometido ao longo prazo caso as políticas para o setor não visualizem um futuro de desenvolvimento sustentável, fomentando, assim, a atratividade das soluções renováveis.

5.1 Composição da matriz energética brasileira em face da mudança de paradigma ambiental

A matriz energética mundial, segundo Pereira, Carvalho e Allatta⁷², possui um perfil no qual o petróleo e seus derivados participam com 36%. Seguem o carvão, com 23%, e o gás natural, com 16%. A biomassa tradicional contribui com 9,5%, à frente das hidrelétricas com 6,8%. A matriz se completa com 6,5% das usinas nucleares e com 2,2% das fontes renováveis limpas, como a solar e a biomassa. Dados como estes, em que predominam fontes não-renováveis, aliados ao crescimento do consumo anual de energia, geram grande preocupação, principalmente, quando se constata que as emissões de gás carbônico subiram de 5,8 para 6,1 bilhões de toneladas, segundo dados da Agência Americana de Energia.

⁷¹ REIS, Lineu Belico dos *et al*. Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, 2000. cap.2, p.43-127.

⁷² PEREIRA, Osvaldo Soliano; CARVALHO, Kleber; ALLATTA, Eduardo. Análise comparativa da regulação internacional referente às energias renováveis. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.160-183, abr. 2004.

TABELA 1 - Recursos e Reservas Energéticas Brasileiras em 31.12.2005

RECURSOS E RESERVAS ENERGÉTICAS BRASILEIRAS EM 31/12/2005 (1)					
ESPECIFICAÇÃO	UNIDADES	MEDIDAS/ INDICADAS/ INVENTARIADAS	INFERIDAS/ ESTIMADAS	TOTAL	EQUIVALÊNCIA ENERGÉTICA 10 ³ TEP (3)
PETRÓLEO	10 ³ m ³	1.871.640	693.110	2.564.750	1.667.631
GÁS NATURAL	10 ⁶ m ³	306.395	148.059	454.454	304.250
CARVÃO MINERAL - in situ	10 ⁶ t	10.096	22.240	32.336	2.756.208
HIDRÁULICA	GW (2)	93	51	144	236.000
ENERGIA NUCLEAR	t U ₃ O ₈	177.500	131.870	309.370	1.236.287

(1) Não inclui demais recursos energéticos renováveis.

(2) Energia firme.

(3) Calculado sobre as reservas medidas/indicadas/inventariadas

Fonte: <<http://bem.epe.gov.br>>

Nessa matriz energética, nota-se que os meios de suprimento de energia elétrica praticados em larga escala nas últimas décadas utilizam, principalmente, fontes primárias não-renováveis, com predomínio do carvão mineral, do combustível nuclear e dos derivados de petróleo. A baixa eficiência desses combustíveis, aliada aos problemas de caráter ambiental, tem resultado em um interesse crescente na utilização de fontes alternativas. Porém, uma grande barreira à introdução massiva das fontes renováveis é a ênfase nos aspectos econômicos em detrimento dos ambientais, o que é comprovado pelo fato de que a maioria dos combustíveis não-renováveis ainda ser vendida a preços relativamente baixos no mercado. Isso tem sido possível porque os preços não refletem os impactos causados pelo uso de tais combustíveis.⁷³

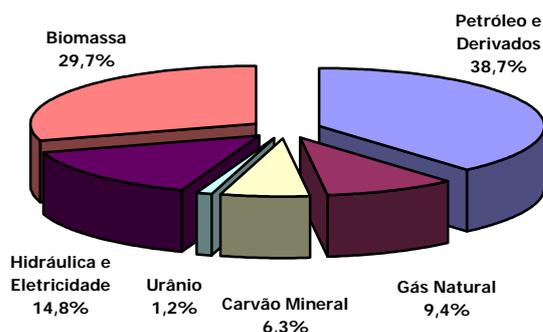
Felizmente, o recente desenvolvimento tecnológico, aliado a políticas favoráveis ao uso das fontes renováveis, vem diminuindo gradualmente as barreiras existentes. A despeito da lentidão do processo de inclusão de incremento de fontes alterantivas de energia, este deverá se tornar mais ágil à medida que as tecnologias renováveis passem a um nível de comercialização mais amplo e conseqüentemente, mais competitivo, o que já se mostra promissor, pois, nos últimos tempos, o mercado de energia verde vem crescendo rapidamente.

⁷³ REIS, Lineu Belico dos *et al.* Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, cap.2, p.46, 2000.

Entretanto, a energia renovável ainda enfrenta muitos desafios e obstáculos no caminho para a efetivação de seu potencial pleno.

GRÁFICO 3 - Oferta interna de Energia: estrutura de participação das fontes

Gráfico 8 - Oferta Interna de Energia: Estrutura de Participação das Fontes (Brasil - 2005)



Fonte: <<http://bem.epe.gov.br>>

Para Galvão e Udaeta⁷⁴, em seu estudo orientativo sobre a introdução do gás natural na matriz energética do Estado de São Paulo, certamente, a matriz energética brasileira é um reflexo das transformações econômicas ocorridas no País nas últimas décadas, pois até a década de 1950 a lenha era a principal fonte energética. A partir daí, quando o processo de industrialização e urbanização se acelerou, com a instalação da indústria automobilística e a opção pelo modo rodoviário de transporte, cresceu rapidamente a participação do petróleo no balanço energético nacional.

Essa estrutura de consumo é o resultado de uma política de auto-suficiência energética colocada em prática nas duas últimas décadas, em resposta aos choques do petróleo de 1973 e 1979, quando o Brasil passou a investir prioritariamente no potencial hidrelétrico e na exploração de reservas petrolíferas, objetivando a substituição de fontes importadas e a redução da vulnerabilidade externa. Isso está calcado na vigorosa ampliação da capacidade de geração de eletricidade e no aumento da produção interna do petróleo: duplicou-se o parque gerador elétrico e quadriplicou-se a produção interna de petróleo.

⁷⁴ GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro; UDAETA, Miguel Edgar Morales. Gás natural e energia elétrica referenciados ao Estado de São Paulo. 1998. *Cenários 2001 – Módulo I*. São Paulo: EFEI, USP, UNICAMP, 2001, p.16-48.

De acordo com o estudo de Galvão e Udaeta⁷⁵, fica evidente que a produção de eletricidade baseada em turbinas a gás natural se caracteriza, especialmente para o curto prazo (no planejamento energético), no contexto da expansão do sistema. Uma vez que a infra-estrutura associada à exploração/transporte e distribuição de gás natural requer pesados investimentos, o envolvimento do setor elétrico por meio de centrais a gás natural torna-se necessário para consolidar a inserção do gás natural sensivelmente na matriz energética brasileira.

O gás natural é o energético que vem apresentado as maiores taxas de crescimento na matriz energética nacional, passando de 3,7% em 1998, para 9,4% em 2005, de acordo com o Balanço Energético Nacional 2006 – Relatório Final, sinalizando uma mudança na condição de insumo para a geração energia e no consumo em geral.

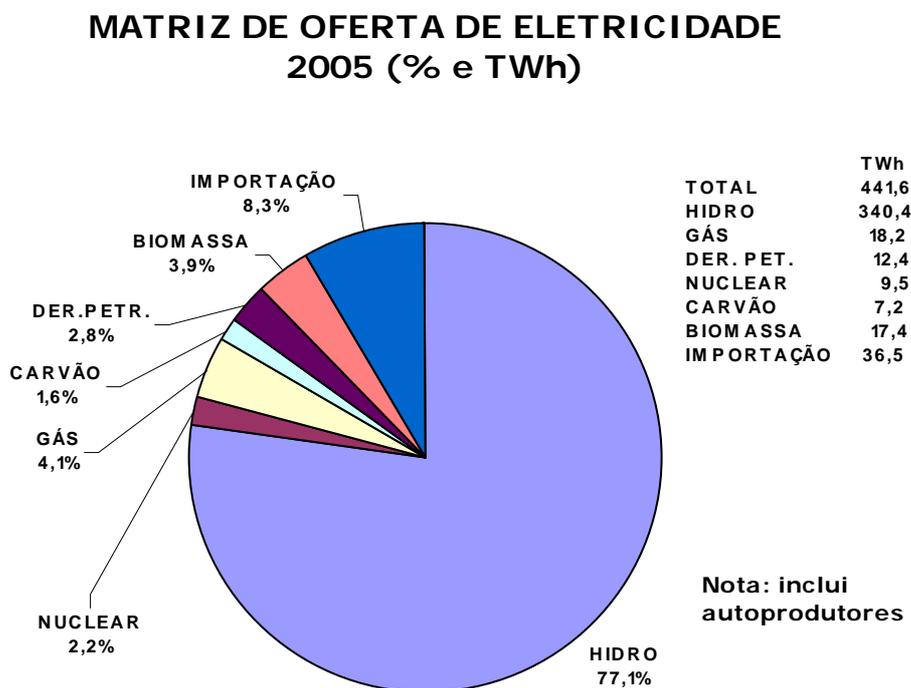
Segundo Alves⁷⁶, segundo o *Inventário Anual de Emissões de Metano pelo Manejo de Resíduos*, o país teria um potencial máximo de geração elétrica a partir do biogás, considerando uma eficiência de conversão em 30%, de 370 MW para resíduos sólidos, 200 MW para esgotos domésticos e 250 MW para efluentes industriais. O biogás também pode ser produzido a partir da decomposição anaeróbica dos dejetos da pecuária brasileira. Considerando as 40 milhões de vacas, 120 milhões de bois, 38 milhões de suínos e 3 bilhões de aves, o país poderia gerar 65.000 MW (eficiência de 30%) utilizando o biogás da decomposição dos seus resíduos, equivalentes a 750 milhões de m³ de biogás por dia, com poder calorífico de 6000 kcal/m³.

O Brasil possui um privilegiado potencial de aproveitamento das suas fontes renováveis de energia, a saber: a eólica, a proveniente de pequenas centrais hidrelétricas, a energia solar, tanto fotovoltaica (para geração direta de eletricidade), como térmica (para aquecimento de água ou geração de eletricidade por meio de sistemas de concentradores de calor) a energia proveniente de diferentes formas de biomassa, incluindo as plantações com fins energéticos (tais como: cana-de-açúcar, milho, alguns óleos vegetais, além de florestas energéticas) e resíduos urbanos, florestais e agrícolas, além das energias geotérmicas, das marés e das ondas. Entretanto, a atual tentativa de inserção das energias renováveis na matriz energética brasileira encontra dificuldades, que também são comuns a vários países da América Latina e dos chamados “países em desenvolvimento”.

⁷⁵ GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro; UDAETA, Miguel Edgar Morales. Gás natural e energia elétrica referenciados ao Estado de São Paulo. 1998. *Cenários 2001 – Módulo I*. São Paulo: EFEL, USP, UNICAMP, 2001, p.16-48.

⁷⁶ ALVES, João W. S. et Sônia M.M. Vieira. Inventário nacional de emissões e metano pelo manejo de resíduos: Enabling Brazil to fulfill its commitments to the United Nations Convention on Climate Change. Julho, 1998, *apud* LIMA, Felipe Palma; BERMANN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004.

GRÁFICO 4 - Matriz de oferta de eletricidade - 2005 (%e TWh) Elétrica Brasileira



Fonte: <<http://bem.epe.gov.br>>

Segundo Bermann⁷⁷, o Brasil tem potencial de gerar 28.900 MW de energia elétrica, utilizando a energia eólica, 9.800 MW com pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), cuja potência é menor que 30 MW cada uma, e mais 4.000 MW proveniente da queima de bagaço de cana-de-açúcar. Outras fontes de biomassa, utilizando madeira, resíduos agrícolas, óleos vegetais e álcoois também são muito significativas. Deve-se ressaltar que o potencial para energia solar é ilimitado, tendo em vista a área e localização geográfica do País. De acordo com dados do PRODEEM (2002), a potência de painéis fotovoltaicos instalados estava em torno de 5,2 MWp, com 8.700 sistemas.

As energias de fontes renováveis, como a eólica, a biomassa e a PCH, foram contempladas pelo PROINFA, mas sob severas críticas do setor elétrico:

Conforme seu formato atual, na primeira etapa do Programa, os contratos serão celebrados pela Eletrobrás em até 29 de abril de 2004, para a implantação de 3.300 MW de capacidade. A contratação deverá ser distribuída igualmente, em termos de capacidade instalada para cada uma das fontes participantes do programa (biomassa, eólica e PCHs), ou seja, 1.100 MW para cada fonte, critério este, que parece

⁷⁷ BERMANN, Célio. *Energia no Brasil: para quê? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável*. São Paulo: Livraria da Física – FASE, 2002.

obedecer mais uma lógica de repartição de capacidade homogênea entre as fontes, do que outras lógicas possíveis e mais pertinentes, sob o prisma de uma política energética que, por exemplo, poderiam indicar pólos de desenvolvimento tecnológicos através da criação de mercados visando à redução de custos de tecnologias promissoras (via, por exemplo, *learning-by-going* e economias de escala); poderiam focar, numa primeira etapa, fontes alternativas mais competitivas, como o bagaço, ou mesmo enfatizar desenvolvimentos regionais.⁷⁸

O incentivo governamental à utilização das fontes alternativas de energia renovável (biomassa, eólica e pequenas centrais hidrelétricas) para a geração de eletricidade ainda é assunto controverso no Brasil. De acordo com a ANEEL, tais fontes respondem por pouco mais de 1% do parque gerador nacional, que tem potência global de 82,4 mil MW.⁷⁹ Atualmente, há sobreoferta de energia, mas este quadro poderá se alterar caso o Brasil ingresse em novo ciclo de desenvolvimento econômico.

Para Reis *et al*⁸⁰, a geração de energia elétrica, em concordância com a classificação mundial da energia elétrica e sua importância no Brasil, sob a ótica de uma perspectiva de evolução em longo prazo, pode ser dividida em três blocos: energia hidrelétrica; energia termelétrica não-renovável e renovável; e novas tecnologias renováveis, compondo-se da energia eólica, energia solar-fotovoltaica, energia oceânica e células de combustível.

No contexto da energia hidrelétrica, diversos esforços têm sido feitos para incentivar a execução das usinas menores e locais (PCHs) e para recapacitar centrais desativadas. Esses esforços estão em consonância com certas modificações estruturais em andamento na área de energia elétrica no Brasil: descentralização, privatização, aumento da confiabilidade, menores impactos socioambientais e técnicas modernas para diminuição de custos. Prevê-se que no curto e no médio prazo as grandes usinas deverão sofrer, também, forte concorrência das termelétricas a gás natural.

É importante citar a possibilidade de implantação das usinas reversíveis, nas quais a água é bombeada para um reservatório mais elevado durante a carga leve do sistema para posterior geração de eletricidade durante a carga pesada. Essa tecnologia tem boas perspectivas de aplicação – por exemplo, na serra do Mar – e deverá ter influência benéfica nas características de carga do sistema elétrico. Por último, tem-se a possibilidade bastante

⁷⁸ FELISBERTO, Cláudia Rosana; SZKLO, Alexandre Salem. *PROINFA e CDE: questionamentos sobre a legislação e regulamentação*: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - CBPE, 2004, Itajubá - Minas Gerais. Anais do Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 200, p.3.

⁷⁹ Dados publicados pelo jornal Gazeta Mercantil, de 11/03/2003, em editorial intitulado: Energia alternativa cria oportunidades.

⁸⁰ REIS, Lineu Belico dos *et al.* Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*: introdução a uma visão multidisciplinar. São Paulo: Ed USP, cap.2, p.43-127, 2000.

promissora do desenvolvimento de usinas hidrelétricas para operação com rotação ajustável, viabilizada pela eletrônica de potência.⁸¹

Segundo Santos, Haddad e Masseli⁸², uma questão tem impedido a viabilidade das PCHs: é a vazão a ser mantida no trecho desviado, com os órgãos ambientais exigindo valores muito elevados, segundo o enfoque de uso múltiplo, não se prendendo às questões ambientais. Na verdade, o trecho de vazão reduzida raramente apresenta algum uso significativo de água, podendo ter o valor do caudal bastante reduzido.

Segundo estudo da Comissão Interministerial do Ministério das Minas e Energia coordenada pela Eletrobrás, as razões que fundamentaram a elaboração de um programa Nacional de Pequenas Centrais Hidrelétricas, segundo o Ministério das Minas e Energia, 1983, p. 39, foram:

- características geológicas e topográficas favoráveis à instalação dessas pequenas centrais;
- domínio tecnológico, no âmbito das empresas nacionais, na fabricação de pequenas centrais;
- tecnologia de construção e de operação a baixo custo;
- geração hidrelétrica de baixo custo em substituição à geração elétrica com derivados de petróleo;
- atendimento de energia elétrica a pequenos núcleos populacionais;
- atendimento de energia elétrica a pequenos empreendimentos rurais; e
- possibilidades de instalação de pequenas centrais hidrelétricas associadas a programas sociais em âmbito de Governo Federal, Estadual e Municipal.

A geração termelétrica a partir da biomassa renovável está na cogeração industrial, utilizando resíduos de processo. O aproveitamento da biomassa como lenha, casca de arroz e restos de madeira tem sido cada vez mais utilizado no Brasil para a produção de energia, mas suas aplicações estão ainda restritas a pequenos aproveitamentos. A turfa e o xisto betuminoso também apresentam perspectiva de aplicação no País. Já nos princípios da década de 1980, a Petrobras desenvolveu o processo Plasol, com o objetivo de dispor de uma

⁸¹ REIS, Lineu Belico dos *et al.* Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, cap.2, p.43-127, 2000, p.57.

⁸² SANTOS, Afonso Henrique Moreira; HADDAD, Jamil; MASSELLI, Sandro. As fontes alternativas renováveis de energia e a sociedade: uma análise institucional. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.137-159, abr. 2004.

tecnologia para aproveitar o xisto fino, visando à produção de combustível líquido⁸³. Segundo estudo da Comissão Interministerial do MME, coordenada pela Eletrobrás:

A turfa é um tipo de combustível sólido, de idade geológica recente, caracterizando-se pelo alto teor de umidade, e por contar ainda com elevado conteúdo de restos vegetais. A turfa constitui o primeiro termo da série de combustíveis fósseis. Para fins energéticos, a turfa pode ser usada moída, extrudada, cortada em blocos ou briquetada. Como combustível tanto na forma pulverizada como na extrudada, pode ser utilizada de várias maneiras como: queima direta, processamento em briquetes extrudados, pelotas ou coque e conversão em combustíveis líquidos ou gasosos.⁸⁴

A biomassa para produção de energia elétrica apresenta-se mais promissora mediante o uso de resíduos de cana-de-açúcar e biomassa florestal, informam Reis *et al.*⁸⁵. Segundo os referidos autores, o bagaço de cana é o resíduo sólido proveniente da moagem ou difusão da cana-de-açúcar após a extração da sacarose. Os resíduos de cana apresentam baixa densidade energética, e por isso devem ser aproveitados em local próximo à usina. As indústrias do setor sucroalcooleiro operam com produção sazonal, utilizando vapor na produção e, simultaneamente, na geração de eletricidade, durante a safra. Considerando que os resíduos de cana podem ser armazenados por alguns meses, a produção de eletricidade também pode ser feita com base em um período anual. Diante desse quadro, a geração de energia utilizando resíduos de cana fica claramente associada a projetos de cogeração, com venda de excedentes de energia. Assim, já existem algumas usinas vendendo excesso de energia elétrica para o sistema. Outras usinas deste setor também demonstram a intenção de vender energia elétrica ao sistema, mas estão à espera de definição mais clara de comercialização de energia elétrica no novo cenário institucional do setor elétrico, uma vez que o aumento da geração elétrica requer investimentos.⁸⁶

Segundo estudo da Comissão Interministerial do MME, coordenada pela Eletrobrás:

⁸³ BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Secretaria de Tecnologia. *Fontes alternativas de energia*. Brasília: MME, 1983, p.59.

⁸⁴ BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Secretaria de Tecnologia. *Fontes alternativas de energia*. Brasília: MME, 1983, p.57.

⁸⁵ REIS, Lineu Belico dos *et al.* Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, cap.2, p.43-127, 2000, p.57-58.

⁸⁶ REIS, Lineu Belico dos *et al.* Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, cap.2, p.43-127, 2000, p.59.

O uso do bagaço de cana na geração de eletricidade, e, principalmente, na geração de vapor, vem sendo praticado por diversas empresas a pleno contento. Esta situação deverá ser acompanhada por outras empresas, aproveitando, para tal, a experiência obtida por aquelas que conseguiram melhorar a eficiência de suas unidades produtoras pelo emprego das práticas anteriormente mencionadas. O parque industrial brasileiro tem plenas condições de fornecer os implementos necessários à otimização dos processos. Isto é verdadeiro tanto para aos empreendimentos consumidores como para os empreendimentos geradores de bagaço de cana.⁸⁷

Reis *et al*⁸⁸ informam que a energia elétrica também pode ser obtida da gaseificação da madeira proveniente de plantações desenvolvidas a partir de espécies vegetais de curta rotação, próprios para fins energéticos, em conjunto com a tecnologia de turbina a gás. Já existem grandes florestas energéticas implantadas no Brasil, principalmente, para o suprimento das indústrias siderúrgicas do Estado de Minas Gerais, colocando o país na vanguarda do conhecimento mundial em tecnologia florestal. São cerca de 2,4 milhões de hectares de florestas implantadas, considerando somente eucaliptos, com cerca de 400 mil empregos diretos gerados pela atividade florestal.

No âmbito das novas tecnologias renováveis para a geração de energia elétrica, os mesmos autores alertam para a maior possibilidade de aplicação, no curto prazo, da energia eólica e solar. Elas têm sido aplicadas tanto no suprimento de sistemas isolados quanto na operação paralela com um sistema elétrico de potências. No caso dos sistemas isolados, tais formas de energia competem com a extensão da rede elétrica, sendo, muitas vezes, mais vantajosas. Assim, seu uso tem sido bastante difundido na alimentação de comunidades distantes dos grandes centros, ilhas e locais de difícil acesso. Em síntese, a geração eólica, embora apresente baixos custos de implementação, nem sempre é possível, devido às características disponíveis de vento. Já a geração solar apresenta altos custos de implantação.

Os custos da geração solar-fotovoltaica poderão ser reduzidos significativamente, devido ao fator de escala, quando este tipo de geração se tornar mais disseminado, uma vez que a disponibilidade de sol é praticamente universal. O uso de painéis solares fotovoltaicos individualizados em residências e prédios, associado a sistemas de automação e operando paralelamente com a rede, em busca de uma utilização integrada mais eficiente da energia

⁸⁷ BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Secretaria de Tecnologia. *Fontes alternativas de energia*. Brasília: MME, 1983, p.36.

⁸⁸ REIS, Lineu Belico dos *et al*. Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, cap.2, p.43-127, 2000, p.59.

elétrica, tem sido objeto de vários projetos e acena com o uso massivo futuro dessa forma de geração nos locais mais desenvolvidos.⁸⁹

Outras fontes de geração de energia elétrica, como a geotérmica e a maremotriz (baseada na energia das ondas), não se apresentam atrativas, no médio prazo, para aplicação no país, devido, principalmente, ao alto custo e à baixa ou, até mesmo, a desconhecida disponibilidade. Já as células de combustível baseadas na tecnologia do hidrogênio, que têm sido introduzidas mundialmente no setor de transportes e em projetos de cogeração e geração elétrica de pequeno porte, poderão se tornar atrativas no médio ou no longo prazo, dependendo da evolução dos custos da tecnologia.

Como se observa, até que os custos tecnológicos envolvidos na utilização de fontes alternativas sejam reduzidos e passem a obter ganhos de escala, serão necessários incentivos financeiros que poderão se dar mediante subsídios governamentais e por meio de negociações de Certificados de Redução de Emissões e de Certificados Negociáveis de Energia Elétrica.

5.2 Impactos dos incentivos governamentais e dos instrumentos voluntários na diversificação da matriz de energia

Segundo Pereira, Carvalho e Allatta⁹⁰, várias são as justificativas de políticas públicas para se incentivar o uso das fontes renováveis de energia. Dentre as principais, identificadas na *Iniciativa Brasileira à Conferência de Joanesburgo*, encontram-se:

- aumento da diversidade de fontes no fornecimento;
- fornecimento de energia sustentável em longo prazo;
- redução de emissões atmosféricas local e globais;
- aumento da segurança no fornecimento de energia com a redução de importação de combustíveis fósseis e apoio à mitigação da dívida externa;
- combate à exclusão social de comunidades isoladas; e

⁸⁹ REIS, Lineu Belico dos *et al.* Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, cap.2, p.43-127, 2000, p.60.

⁹⁰ PEREIRA, Osvaldo Soliano; CARVALHO, Kleber; ALLATTA, Eduardo. Análise comparativa da regulação internacional referente às energias renováveis. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.160-183, abr. 2004.

- contribuição à erradicação de pobreza com a criação de novas oportunidades locais de emprego.

Vários desses fatores correspondem a externalidades positivas, que, geralmente, não são internalizadas quando os benefícios e custos das fontes renováveis são comparados com aqueles resultantes do uso de combustíveis fósseis e nuclear. Assim, há que se criar formas de incentivos a estas fontes que apresentam algumas peculiaridades em face das ditas competitivas:

- São tecnologias quase competitivas, mas que requerem algum desenvolvimento tecnológico ou redução de barreiras comerciais.
- Têm custos iniciais mais elevados, mas custos mais baixos ao longo de sua vida útil, ainda que não internalizadas algumas externalidades.
- Requerem necessidade de produção em massa-escala.
- Apresentam os efeitos da aprendizagem ainda não incorporados.

Na curva de aprendizagem (Gráfico 5), apresentada em recente estudo do Banco Mundial, vê-se o movimento típico de crescimento de penetração das fontes renováveis em um cenário beneficiado por incentivo inicial – em particular, no sentido de capacitação, com a implantação de alguns modelos de disseminação (nesse caso específico, de energia solar em áreas remotas). O efeito de aceleração da curva de aprendizagem contribui para aumentar a penetração do produto, sendo que quanto mais políticas públicas de incentivo (eixo y) das fontes renováveis, menor o tempo (eixo x) para a inserção destas fontes na matriz energética.

GRÁFICO 5 - Curva de aprendizagem

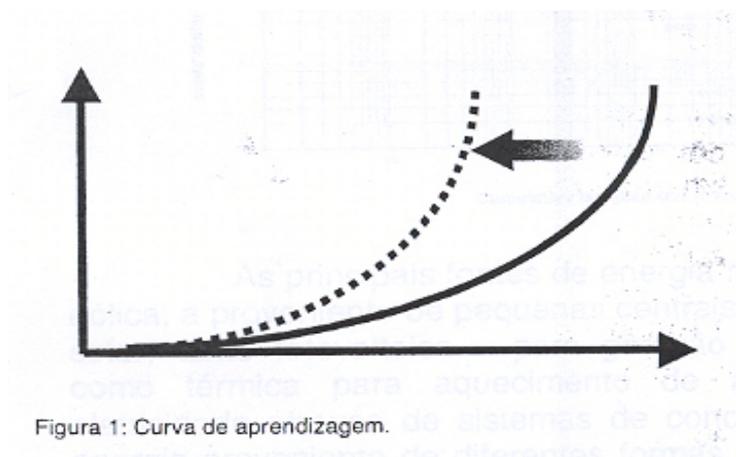


Figura 1: Curva de aprendizagem.

Fonte: Pereira; Carvalho; Attalla, 2004, p.162.

Dados do programa de geração de energia a partir da biomassa (DOE Biomass Power Program – 1996-2015), do Departamento de Energia do governo norte-americano (DOE), informam que a biomassa naquele país tem um potencial de geração de 30.000 MW, sendo que 7.000 MW já estão implantados. Na União Européia, um acordo para incentivar as fontes de energia renovável pretende alcançar uma meta de 12% de toda energia consumida em 2010, equivalente a 22% da eletricidade. Na Alemanha, existem 9.000 MW de geração eólica instalada, e este número deve aumentar. A previsão é que em 2025 a energia eólica represente 25% do consumo elétrico do país.⁹¹

No Brasil, as FAR constituem, de fato, a base do atendimento eletroenergético do Brasil, tendo em vista ser a hidreletricidade, em suas diferentes escalas, a responsável por grande parte da geração atual. Por outro lado, programas como o PROÁLCOOL colocaram o país em destacada posição no âmbito da biomassa energética como substituição aos derivados do petróleo. Neste sentido, as FARs podem ser entendidas como aquelas que fogem do uso cotidiano, seja pela tecnologia ainda embrionária, seja pelo desuso em face do desinteresse econômico. Assim, a tecnologia fotovoltaica é uma alternativa ainda pouco difundida, em virtude de sua baixa capacidade energética e elevado custo, consequência de um domínio tecnológico ainda primário.⁹²

Nesse contexto, que carece de otimização tecnológica da geração de energia pelas fontes renováveis, a discussão em torno do papel do Estado e do mercado em relação ao setor energético ganha expressão, na medida em que o seu atual perfil não pode ser desvinculado das mudanças em curso na economia internacional e nos interesses que as determinam. Nos países em desenvolvimento, o papel do Estado como promotor direto do desenvolvimento é de capital importância. O acesso a formas modernas de energia é componente essencial para o aumento da produtividade e para a criação de condições de vida aceitáveis, que deverão resultar da incorporação destes segmentos nos modernos processos de produção e consumo, resultando na incorporação de um amplo mercado de massas. Tanto que nos países desenvolvidos as grandes empresas têm requisitado crescentemente o apoio do Estado.

⁹¹ LIMA, Felipe Palma; BERMAN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004, p.3.

⁹² SANTOS, Afonso Henrique Moreira; HADDAD, Jamil; MASSELLI, Sandro. As fontes alternativas renováveis de energia e a sociedade: uma análise institucional. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.137-159, abr. 2004.

Segundo Beluzzo⁹³: “a grande empresa, que se lança à incerteza da concorrência global, necessita, cada vez mais, do apoio dos Estados nacionais dos países de origem”.

Nesse sentido, porém, segundo Santos, Haddad e Masseli⁹⁴, o que se viu no Brasil foi uma extrema centralização das decisões pelo Estado, resultante de um planejamento mandatário que vigorou até a penúltima década. Promover uma mudança neste quadro demanda uma análise mais profunda sobre a competência constitucional da União quanto à prestação dos serviços de energia elétrica à população. A evolução dos princípios de mercado no setor permitiu uma grande participação de diferentes agentes que apontaram estudos com os mais variados arranjos técnicos, espalhados por todo o território nacional. Coube a esses agentes a negociação direta com as autoridades municipais, proprietários rurais e organizações ambientalistas, dentre outros, para viabilizar seus projetos, envolvendo-os, efetivamente, no “planejamento nacional”, dando a este a necessária capilaridade. Cabe observar que a maioria absoluta desses projetos era de centrais geradoras que empregavam fontes alternativas renováveis.

Ao defender a descentralização estatal, deve-se compreendê-la de uma maneira solidária, em que cada cidadão, cada região, busca o bem comum. Nesse sentido, é evidente que a especialização e as singularidades ambientais não permitem que toda localidade seja auto-suficiente na sua produção de energia. A complementaridade se faz necessária para um desenvolvimento econômico sustentável, tornando certas regiões exploradoras e outras importadoras de energia. Deve-se evitar a simplificação do conceito de descentralização tanto quanto entendê-lo como isolacionismo ou egoísmo, asseveram Santos, Haddad e Masseli.⁹⁵

Embora o governo atual vislumbre um retorno ao planejamento centralizado determinativo, necessário se faz entender os anseios recentes da sociedade brasileira na busca de uma descentralização de poder. Mas, também, há de se reconhecer as limitações de sua implantação rápida. Em uma apertada síntese sobre a questão:

⁹³ BELLUZZO, 1997, *apud* SAUER, Ildo Luis; VIEIRA, José Paulo; MERCEDES, Sônia S. P. Políticas energéticas, planejamento e regulação em energia: evolução e os novos desafios. Jul/2000. *Cenários 2001 – Módulo I*. São Paulo: EFEI, USP, UNICAMP, p.296-319, 2001, p.315. (Apostila do Curso de Especialização sobre o Novo Ambiente Regulatório, Institucional e Organizacional dos Setores Elétrico e de Gás, promovido pela UNICAMP, UNIFEI e USP)

⁹⁴ SANTOS, Afonso Henrique Moreira; HADDAD, Jamil; MASSELLI, Sandro. As fontes alternativas renováveis de energia e a sociedade: uma análise institucional. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.137-159, abr. 2004.

⁹⁵ SANTOS, Afonso Henrique Moreira; HADDAD, Jamil; MASSELLI, Sandro. As fontes alternativas renováveis de energia e a sociedade: uma análise institucional. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.137-159, abr. 2004.

[...] o fomento à geração descentralizada com FARs reconhece a demanda da sociedade por um desenvolvimento sustentável, com fortalecimento das ações periféricas. Ao extremo, a conservação de energia seria o exemplo máximo de atuação do cidadão nesta busca: o uso eficiente de energia preservando o meio ambiente e integrando as ações individuais. Portanto, o recente quadro institucional de fomento às fontes alternativas renováveis e à conservação de energia é um passo importante e irreversível no sentido pretendido.⁹⁶

Há, também, que se atentar para o fato de que, com a reestruturação do setor elétrico, o Estado deveria intervir menos no mercado, transferindo a iniciativa de investimento ao setor privado, passando a atuar em funções políticas e de regulamentação do setor. O molde regulatório atual cria condições adequadas para o setor privado financiar o empreendimento de seu interesse, correndo riscos menores. Entretanto, existe a possibilidade da ação direta do Estado no mercado. Este é o caso da sustentabilidade energética, pois a incorporação dos benefícios das fontes renováveis de energia, ou os impactos negativos das hidrelétricas e dos combustíveis fósseis nos seus custos, depende de regulamentação.⁹⁷

A iniciativa brasileira de incentivo a fontes alternativas pode ser considerada um grande passo na direção da geração de energia renovável em maior escala. Entretanto, ainda existe uma indefinição no programa, especialmente sobre os valores econômicos de cada fonte. Nesse sentido, deve-se observar que a Eletrobrás ficará responsável pela comercialização da energia proveniente das fontes alternativas contempladas pelo PROINFA.

Tendo em vista tais dificuldades, geradas tanto pela desregulamentação quanto pela privatização do setor elétrico, estão sendo criadas estratégias em âmbito nacional, macro-regional e global para aumentar a participação das fontes renováveis na matriz energética mundial com objetivo de ampliar a sua sustentabilidade. Dentre as diversas propostas para a inserção das fontes renováveis, deve-se observar qual delas permite um melhor aproveitamento de todos os seus benefícios e vantagens. Mas há que se considerar quais seriam as possibilidades de uma maior cooperação entre os países: de transferência tecnológica, de maior incentivo interno à pesquisa e desenvolvimento desta tecnologia ou de maior e mais rápido crescimento destas fontes?

⁹⁶ SANTOS, Afonso Henrique Moreira; HADDAD, Jamil; MASSELI, Sandro. As fontes alternativas renováveis de energia e a sociedade: uma análise institucional. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.137-159, abr. 2004, p.143.

⁹⁷ LIMA, Felipe Palma; BERMANN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004, p.1-2.

Segundo Lima e Bermann⁹⁸, muitos programas de incentivo a energias renováveis e eficiência energética na América Latina tiveram apoio ou foram criados por agências de cooperação internacional. Altomonte, Coviello e Lutz⁹⁹ não duvidam que os maiores programas de incentivo à eficiência energética na América Latina (por exemplo, CONAE no México e PROCEL no Brasil) não teriam sido criados, ou não teriam o mesmo porte se não houvesse uma contribuição substancial dos bancos multilaterais, entre eles o Banco Mundial e o BID, e de programas como o ESMAP e o LAURE, este último da Comissão Européia e cooperações bilaterais. Um exemplo de projeto sem êxito é o do Mercado Sustentável para Energias Sustentáveis, financiado pelo BID. Outras iniciativas, como a do Fundo Ambiental Mundial (WEF), investem em eficiência energética de diferentes setores, eletrificação rural com energias renováveis e projetos pilotos.

A “Plataforma de Brasília sobre Energias Renováveis”, resultante da *Conferência Regional da América Latina e Caribe sobre Energias Renováveis*, realizada em outubro de 2003, traz algumas diretrizes políticas do setor energético para o desenvolvimento sustentável. Essas propostas são uma tentativa de cumprir o plano de ação definido em Johannesburgo e a proposta Latino-Americana e Caribenha em relação a contribuições regionais para aumentar a parcela destas fontes na matriz energética mundial e, também, de reconhecer a mobilização dos países de todas as regiões do mundo em relação a este assunto.

Além dessas iniciativas e dos projetos de cooperação, existe uma expectativa de que, com base no *Protocolo de Quioto*, alguns mecanismos flexíveis poderão promover significativamente as fontes de energia renováveis e os projetos de eficiência energética. O mercado de Certificado de Crédito de Carbono poderá contribuir com recursos adicionais aos projetos que reduzirem a emissão de gases que causam o efeito estufa. Por outro lado, não se pode garantir que o mercado de crédito de carbono irá incentivar políticas energéticas que busquem a sustentabilidade.¹⁰⁰

⁹⁸ LIMA, Felipe Palma; BERMANN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004.

⁹⁹ ALTOMONTE, H.; COVIELLO, M.; LUTZ, W. L. Renewable energy and energy efficiency in Latin América and the Caribbean: constraints and prospects. *Recursos Naturals e Infraestrutura*. Santiago-Chile, CEPAL, out. 2003.

¹⁰⁰ LIMA, Felipe Palma; BERMANN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004, p.4.

5.3 Perspectivas do setor elétrico brasileiro no mercado dos CREs

Independente de não garantirem o incentivo das políticas energéticas em prol da sustentabilidade, o mercado de Certificado de Crédito de Carbono constitui poderoso instrumento de incentivo sócioeconômico, por propiciar boas oportunidades de negócios, conforme opinião do CEBDS:

As metas de redução de emissões de gases geradores de efeito estufa, bem como os novos paradigmas para a oferta e consumo de recursos energéticos e naturais que delas resultam, são um potente instrumento de expansão econômica e comercial. Instrumentos que abrem a oportunidade de, sem abalos nas estruturas de mercado hoje em funcionamento (ou até, pelo contrário, estimulando-as), promover a sustentabilidade e a expansão dos sistemas produtivos.¹⁰¹

No entendimento do CEBDS, a redução do consumo de bens e insumos, em si mesma, já apresenta ganhos para o processo produtivo. Com o *Protocolo de Quioto*, o uso mais austero e racional dos recursos necessários à produção adquire um valor tangível, materializado na forma de volumes mensuráveis de redução de emissão de gases geradores de efeito estufa. Isso faz com que essas metas de redução, bem como o uso sustentado dos recursos energéticos e naturais se constituam em boas oportunidades de negócios, o que é fator determinante para o seu sucesso. O governo brasileiro não pode perder essa oportunidade criando entraves burocráticos ou desestímulos à plena adesão e atuação empresarial nesse processo.

O setor elétrico deve encarar com total prioridade a implementação dos mecanismos de flexibilização definidos pelo *Protocolo de Quioto*, em especial o MDL, em virtude dos efeitos positivos e multiplicadores que apresenta. Isso porque para os investidores dos países do Anexo I o MDL se apresenta como uma boa e vantajosa possibilidade de redução dos custos de implementação das metas do *Protocolo de Quioto*. Essa boa alternativa, entretanto, só se constituirá em mercado efetivo de CREs se as suas vantagens competitivas se apresentarem de forma simples, clara e segura, o que exige, basicamente, uma definição

¹⁰¹ CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização*. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

imediate e objetiva dos créditos de elegibilidade dos projetos. Para tal, o CEBDS destaca alguns pontos a serem observados na implementação dos CREs no Brasil:

- Considerando que os mecanismos de combate ao efeito estufa, preconizados pelo Protocolo de Quioto, deverão ser operados na esfera privada, e que os CREs deverão ser *commodities* transacionáveis no mercado financeiro, o setor empresarial, nacional e internacional, possui um papel importante e central a ser desempenhado na definição de regras e procedimentos, viabilizando a implementação desses mecanismos e a inserção brasileira no mercado de CREs, otimizando, ao máximo, os efeitos positivos dessa inserção para os propósitos nacionais de desenvolvimento.
- É importante que, nas esferas governamentais, os países promovam os arranjos institucionais necessários para que, de modo ágil e consonante com os propósitos do desenvolvimento sustentável, o setor produtivo nacional possa implementar projetos no âmbito do MDL, habilitando-se à participação no mercado mundial.
- Na esfera política nacional, é importante que o setor empresarial tenha uma participação contínua e ativa nas definições e trabalhos operacionais a serem coordenados pela Comissão Interministerial de Mudanças Climáticas, contribuindo com o cumprimento das responsabilidades e dos interesses nacionais, validando as ações brasileiras no âmbito dos projetos de MDL, advogando a validade e o valor dessas ações junto aos organismos internacionais competentes e, também, otimizando a participação brasileira no esforço de redução do efeito estufa e de difusão do desenvolvimento sustentável.
- Os países devem cumprir, com o máximo de rigor técnico e científico, tarefa de realizar estudos e avaliações de propostas de projetos, considerando os interesses nacionais gerais e a eficiência desses projetos como medida de mitigação do efeito estufa. Tais necessidades, entretanto, não devem inviabilizar ou retardar a inserção dos países no processo de desenvolvimento e captação de recursos para projetos de MDL e, nesse sentido, os países devem fazer o esforço de estabelecer e divulgar, em curto prazo, os setores e as atividades consideradas preferenciais, de interesse para as metas nacionais de desenvolvimento sustentável e para ao

desenvolvimento de projetos de MDL, contemplando a definição de procedimentos de credenciamento, mensuração e certificação a serem respeitados, de modo que sejam claramente identificáveis seus benefícios, resultados positivos (redutores e/ou resgatadores de emissões), objetivos de melhoria ambiental e de atendimento aos propósitos do Protocolo de Quioto.

No âmbito da esfera nacional, com vistas a agilizar o processo de capacitação dos projetos de MDL brasileiros, o CEBDS entende que o País deve destacar um rol das atividades, setores e áreas de interesse nacional prioritário para esses projetos, bem como os setores e atividades que resultem em evidentes, e não controversos, benefícios aos propósitos da redução do efeito estufa e aos objetivos nacionais de desenvolvimento econômico, social e ambiental, tais como:

- ampliação do uso de combustíveis renováveis;
- conservação de energia e de aumento da eficiência energética;
- substituição de uso de recursos energéticos de origem fóssil, por fontes energéticas renováveis ou de baixo potencial emissor;
- melhoria e redução de emissões em sistemas de transporte;
- co-geração de eletricidade;
- aumento de oferta energética nacional através do uso de fontes renováveis, não emissoras ou de baixo potencial de emissão; e
- reflorestamento e recuperação de áreas desflorestadas e/ou degradadas.

Com vistas a não retardar o processo de inserção nacional na implementação do MDL e, ao mesmo tempo, contemplar as necessidades decorrentes da complexidade do assunto e do rigor com que devem ser elaborados os inventários nacionais de emissões, o CEBDS considera que, para efeitos de desenvolvimento e de estruturação de projetos de MDL no Brasil, a adicionalidade proporcionada por estes projetos, bem como sua adequação (e/ou efeitos positivos) ao desenvolvimento sustentável, deverá ser medida e avaliada tendo como referência o âmbito da empresa proponente. Nesse âmbito da empresa deverão ser considerados, além dos ganhos adicionais de resgate ou redução de emissões, os efeitos da interação do projeto com o espaço e comunidade de entorno, os seus impactos e efeitos multiplicadores na cadeia produtiva que lhe é afeta e sua adequação aos propósitos nacionais de desenvolvimento sustentável.

Há que se considerar, também, no plano do estímulo efetivo à implementação das medidas atenuadoras do efeito estufa, para se garantir o desenvolvimento sustentável, a importância de se incentivar e agilizar o fluxo de recursos, investimentos e inovações tecnológicas para as nações em desenvolvimento, pelo uso e implementação de projetos de MDL. Igualmente deve-se facilitar ao máximo uma ativa adesão empresarial da iniciativa privada a esse processo, sem que, com isso, haja prejuízo dos objetivos centrais do *Protocolo de Quioto* (traduzido nas reduções de emissões definidas para os países do Anexo I e seus propósitos de melhoria de qualidade ambiental).

Certamente, os objetivos do *Protocolo de Quioto*, traduzidos na redução de emissões de gases de efeito estufa e no propósito de disseminar as práticas mais sustentáveis de produção, só serão alcançados, na opinião do CEBDS, com a plena adesão empresarial e por meio do livre mercado. Para isso, além de não se criarem entraves burocráticos ao funcionamento desse mercado, é de fundamental importância fixar uma clara e objetiva definição das ações, projetos e práticas elegíveis. Como medida prática de orientação das ações empresariais e do mercado – em especial, para a operacionalização dos projetos de MDL –, o CEBDS defende que, de imediato, e ainda que em caráter provisório, seja constituído o *Executive Board*, estabelecido no *Protocolo de Quioto*, como órgão encarregado de avaliação de validação das ações e projetos elegíveis como MDL.

Como se sabe, durante o mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso buscava-se, segundo o conceito de Estado mínimo, fazer com que o setor público participasse cada vez menos das iniciativas diretamente relacionadas com eficiência energética, pesquisa e desenvolvimento de fontes renováveis e se dedicasse mais à criação de um ambiente favorável para que outros agentes se envolvessem nessas atividades. Nesse contexto Campos e Muylaert¹⁰² informaram, em relatório oficial da ANEEL, que foram detectadas algumas iniciativas de antecipação às possibilidades de implementação do MDL no Brasil no setor privado visando à inserção no mercado de CREs. Um dos objetivos desses grupos empresariais seria o de influenciar os representantes do governo nas próprias negociações para a criação das regras de negociação dos CREs:

Tanto o setor público como o setor privado apresentam exemplos que evidenciam uma tentativa para desenvolver projetos e para gerenciamento de operações que envolvem o MDL. Não necessariamente estas iniciativas se adequarão aos critérios de abatimento de emissão de GEE, nem aos princípios de sustentabilidade que estão

¹⁰² CAMPOS, Christiano Pires de Campos; MUYLAERT, Maria Sílvia. O MDL no Brasil. *Relatório de análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL – Relatório 2, Parte 2*. Rio de Janeiro: ANEEL/IVIG/MCT/UFRJ, 2000.

sendo considerados pelos representantes do governo brasileiro na Convenção do Clima, para análise de projetos elegíveis ao instrumento MDL.¹⁰³

Embora ainda inexperientes nessa área de negócios, as empresas brasileiras que implantarem projetos de produção limpa e comprovarem a redução de emissões de gases poluentes na atmosfera já estarão participando do mercado internacional de CREs. Segundo Almeida¹⁰⁴, estimativas do Banco Mundial indicam valores vultosos envolvidos com a negociação dos CREs, com previsão de valores de US\$ 6 a US\$ 20 a tonelada de gás carbônico não emitida ou retirada da atmosfera pelo processo de crescimento da fotossíntese. Nesse cenário, a demanda estimada poderá gerar oportunidades da ordem de US\$ 50 bilhões a US\$ 100 bilhões em venda. Porém, alerta:

O dado fundamental é que nada ocorrerá sem que os projetos dentro do MDL sejam sustentáveis, isto é, gerem benefícios sociais (empregos, por exemplo) e ambientais, como a redução da poluição e recomposição da cobertura vegetal em larga escala.¹⁰⁵

No Brasil e em vários outros países, o setor elétrico continua passando por grandes transformações em sua estrutura de gerenciamento, nas decisões de novos investimentos e na forma de implementar mecanismos de controle e regulação. Esse é um fenômeno relacionado com novas condições financeiras, tecnológicas e econômicas, principalmente, para a geração de eletricidade. De forma geral, a grande preocupação dessas reformas é garantir competitividade, eficiência econômica para o setor e maiores investimentos da iniciativa privada. Nos últimos tempos, o mercado de energia verde vem crescendo rapidamente. Entretanto, a energia renovável ainda enfrenta muitos desafios e obstáculos no caminho para a efetivação de seu potencial pleno.

Muito embora as boas iniciativas brasileiras até então promovidas, a participação do Governo Federal poderá dificultar o desenvolvimento das negociações dentro do MDL, dependendo do nível de interferência da sua atuação. O Estado deverá participar na medida certa, propiciando bases legais e regulatórias estáveis e sólidas, evitando intervir ao extremo

¹⁰³ CAMPOS, Christiano Pires de Campos; MUYLAERT, Maria Sílvia. O MDL no Brasil. *Relatório de análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL – Relatório 2*, Parte 2. Rio de Janeiro: ANEEL/IVIG/MCT/UFRJ, 2000, p.1.

¹⁰⁴ ALMEIDA, Fernando. Aquecimento global. *O Globo*. Rio de Janeiro, 7 ago. 2000. Disponível em: <<http://www.cebds.com//asp/artview.asp?ID=2>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

¹⁰⁵ ALMEIDA, Fernando. Aquecimento global. *O Globo*. Rio de Janeiro, 7 ago. 2000, p.1. Disponível em: <<http://www.cebds.com//asp/artview.asp?ID=2>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

no mercado, temor justificado pela forte intervenção do governo no setor, como o enfraquecimento das Agências Reguladoras.

6 ESTUDOS DE CASOS

O ar é preciso para o homem vermelho, pois todas as coisas compartilham o mesmo sopro. Parece que o homem branco não sente o ar que respira. Com um homem agonizante há vários dias, é insensível ao mau cheiro. Mas se vendermos nossa terra ao homem branco, ele deve lembrar que o ar é precioso para nós, que o ar compartilha seu espírito com toda a vida que mantém. O vento que deu a nosso avô seu primeiro inspirar, também recebe seu último suspiro. Se lhe vendermos nossa terra, vocês devem mantê-la intacta e sagrada, como um lugar onde até mesmo o homem branco possa saborear o vento açucarado pelas flores dos prados. Portanto, vamos meditar sobre sua oferta de comprar nossa terra. Se decidirmos aceitar, imporei uma condição: o homem branco deverá tratar os animais desta terra como seus irmãos.

CHEFE SEATTLE (1854)

A realização deste estudo científico aprovou-se em pesquisa centrada na preservação do meio ambiente, pautada no Direito Ambiental, com ênfase no *Protocolo de Quioto*, e na Engenharia do Meio Ambiente, com ênfase no conhecimento técnico-tecnológico das fontes alternativas de energia renovável para a geração de eletricidade e da importância de sua presença mais expressiva na matriz energética brasileira, visando aos reflexos positivos no mercado de energia elétrica nacional e mundial.

Para Vergara¹⁰⁶, os tipos de pesquisa seguem dois critérios básicos:

- a) Quanto aos fins, a pesquisa deve constituir-se em: exploratória, descritiva e explicativa.

Nesse plano, a presente pesquisa envolveu os três métodos de investigação científica: o exploratório, o descritivo e o explicativo, para atender ao objetivo geral proposto: comprovar a importância de uma presença mais marcante das fontes alternativas de energia renovável na matriz energética brasileira, com vistas à preservação do meio ambiente, atendendo, inclusive, ao imperativo do *Protocolo de Quioto*, importância esta, atestada pelos mecanismos de apoio legal e pelos incentivos governamentais ao mercado gerador de energia renovável.

- b) Quanto aos meios, a investigação poderá ser:
 - pesquisa de campo
 - pesquisa documental e bibliográfica
 - estudo de caso

¹⁰⁶ VERGARA, Sylvania Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em Administração*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2000, p.46.

O presente estudo utilizou-se da pesquisa bibliográfica e documental e da pesquisa de campo. A primeira foi centrada no Direito Ambiental e na Engenharia do Meio Ambiente (especificamente, na produção e consumo de energia elétrica), visando ao levantamento de informações de cunho jurídico-científico, para o conhecimento dos mecanismos legais de proteção ao meio ambiente e de apoio à exploração das fontes alternativas de energia renovável; e técnico-tecnológico, para conhecimento das diversas fontes alternativas de energia renovável e da importância de sua presença mais marcante no âmbito da matriz energética brasileira. A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em material já elaborado, constituído de livros, teses, dissertações e artigos científicos também disponibilizados na Internet, e objetivou a sustentação teórica da tese defendida.

A pesquisa de campo centrou-se na utilização das fontes de energia renovável no Brasil. Foram realizadas em duas empresas: a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), com sede em Belo Horizonte, MG, geradora das energias renováveis: hidráulica (PCH), biomassa, eólica, solar e termelétrica (óleo combustível e gás natural), para consumo da população; e a Companhia Açucareira Vale do Rosário, com sede na Fazenda do Rosário, em Morro Agudo-SP (geradora de energia de biomassa, pelo bagaço-de-cana).

6.2 Critério de escolha das empresas

A escolha da Companhia Energética de Minas Gerais, uma das maiores empresas do setor elétrico brasileiro, justifica-se pelo fato de oferecer amplo espaço de pesquisa, constituído pela exploração de todas as formas alternativas de energia renovável, e também, de, segundo depoimento em publicação intitulada “Alternativas Energéticas” (2003), estar pronta para oferecer a melhor energia pelos processos mais modernos e de menor risco ambiental. Uma conquista importante desse esforço é o desenvolvimento da primeira célula a combustível da América Latina. Em outra prova de pioneirismo, a CEMIG inicia sua produção experimental de hidrogênio, combustível considerado como a solução energética do futuro. Outro experimento de grande importância é a avaliação experimental de sistemas de ciclo combinado com microturbinas a gás, motores Stirling e células a combustível para geração de eletricidade.

A escolha da Companhia Açucareira Vale do Rosário, uma das maiores usinas de açúcar e álcool do Brasil, justifica-se pelo fato de não pertencer, originalmente, ao setor

elétrico, mas ser produtora de energia elétrica com utilização de fonte renovável -, neste caso específico, a biomassa. Fazendo parte do pequeno grupo de empresas brasileiras que geram energia para o próprio consumo, no decorrer de curto espaço de tempo, a Vale do Rosário alcançou um nível de produção tão elevado que superou suas próprias necessidades de consumo, permitindo-lhe fornecer energia elétrica para a região onde se encontra localizada. O mérito desse investimento foi a conquista do Certificado de Redução de Emissões.

6.2.1 Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG

A Cemig vem pesquisando e explorando as energias renováveis desde a década de 1990, com ênfase para as energias: hidráulica, eólica, biomassa, solar (e termelétrica, esta última em usinas movidas a óleo combustível e gás natural).

a) Energia hidráulica (PCH)

A CEMIG possui 32 (trinta e duas) Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) instaladas em Minas Gerais, as quais perfazem uma capacidade de 170 MW. Além disso, mantém um Núcleo de Excelência em PCHs em Itajubá, MG, e vem trabalhando para ampliar o número dessas usinas por meio do Programa Minas PCH, que pretende adicionar ao seu parque gerador 400 MW nos próximos anos.

Como exemplo, a PCH Pai Joaquim da CEMIG, situada no município de Santa Juliana-MG, entrou em operação no ano de 2004, explorando as águas do rio Araguari – sub-bacia do rio Paranaíba, que, por sua vez, pertence à bacia do rio Paraná. Funcionando sob concessão da ANEEL – Resolução ANEEL n. 102, de 18/03/2003 (modalidade da concessão: produção independente) –, tem potência declarada de 23 MW, energia assegurada de 13,91 MW e licença de operação FEAM 581/2003. Seu único gerador apresenta potência nominal de 24.200 kVA, com fator de potência de 0,95. A turbina é do tipo Kaplan, apresentando potência nominal de 23,7 MW, engolimento de 87,54 m³/s e queda de 30,0 m.

FIGURA 3 - Vista geral da PCH Pai Joaquim - CEMIG**b) Energia eólica**

A CEMIG colocou em operação, em 1994, a Usina Eólico-Elétrica do Morro do Carmelinho, de 1 MW, no município de Gouveia, em processo experimental, visando ao aproveitamento da força dos ventos para a geração de energia elétrica. Esta foi a primeira usina eólica do País a ser integrada no sistema de transmissão de energia elétrica, tendo sido viabilizada graças a um acordo assinado entre a CEMIG e o Programa Eldorado, do Governo da Alemanha, que financiou, a fundo perdido, 51% do custo de implantação desta unidade.

Com as mudanças institucionais do setor elétrico em geral, a CEMIG vem priorizando, no campo da energia eólica, a identificação de sítios eólicos promissores, para avaliar a viabilidade da exploração comercial de usinas eólio-elétrica de grande porte. Para isso, no final de 1997, a empresa instalou duas estações anemométricas no Norte de Minas, onde foram identificados dois sítios eólicos potencialmente promissores. Prevê-se a instalação de outra estação de medição, também no Norte de Minas Gerais, em outra localidade.

FIGURA 4 - Central Eólica do Morro do Carmelinho-MG (1MW)

Fonte: CBEE, 2004.

c) Energia solar fotovoltaica

Os programas desenvolvidos pela CEMIG têm comprovado a eficiência desse sistema, especialmente para áreas distantes da rede elétrica convencional. O Programa Luz Solar demonstra a eficiência dos sistemas fotovoltaicos como fonte alternativa de energia nas áreas distantes da rede elétrica convencional. A energia solar já ilumina cerca de 500 casas, 150 escolas e 50 centros comunitários em áreas rurais de Minas Gerais.

Como indica o nome do programa, o sistema fotovoltaico transforma a radiação solar em energia elétrica, iluminando e fazendo funcionar vários equipamentos, como rádio, televisor, antena parabólica, videocassete, telefone e bombas para irrigação ou para a drenagem de água potável. O sistema é composto por módulos fotovoltaicos, que, expostos aos raios solares, transformam a energia solar em energia elétrica, que fica acumulada nas

baterias. À noite, as baterias são acionadas para manter casas, escolas e centros comunitários iluminados e equipamentos funcionando.

Mesmo em dias nublados os raios solares emitidos são armazenados pelos sistemas fotovoltaicos, projetados pela CEMIG para que possam funcionar durante até quatro dias chuvosos. Trata-se de uma tecnologia praticamente ilimitada tecnicamente. Caso seja grande a demanda por energia, basta aumentar a potência do gerador fotovoltaico (que pode ser composto por um ou mais módulos). Contudo, quanto maior a potência, mais caro será o sistema. Para viabilizar economicamente o programa *Luz Solar para as Famílias*, pequenos produtores rurais e escolas, a empresa configurou sistemas com potências diferentes, considerando as necessidades básicas de cada um desses setores.

FIGURA 5 - Sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica



Fonte: <<http://www.aondevamos.eng.br/textos/texto02.htm>>

FIGURA 6 - Sistema fotovoltaico fixo

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/Parte_Externa.htm>

FIGURA 7 - Sistema fotovoltaico com rastreador solar

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/Parte_Externa.htm>

O desenvolvimento de células fotovoltaicas também tem merecido investimentos da empresa, que busca viabilizar sua produção no Brasil. A CEMIG tem incentivado, ainda, a utilização de coletores solares planos para o aquecimento da água em substituição ao chuveiro

elétrico, responsável por sobrecarga do sistema. Outra iniciativa neste setor é o desenvolvimento de concentradores cilíndrico-parabólicos para a geração de eletricidade em usinas termelétricas solares.

Na área de conversão de energia solar diretamente em eletricidade via módulos fotovoltaicos, a CEMIG, em parceria com outras instituições estatais, está participando de programas federais, por exemplo, do CEPEL e de outros órgãos voltados para a demonstração de sistemas fotovoltaicos para a iluminação de escolas, centros de saúde e bombeamento de água em locais distantes da rede elétrica.

Em um projeto-piloto, no contexto do projeto Uso Racional de Energia na Agricultura, executado com a Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ), foram testados, comercialmente, sistemas de iluminação de moradias rurais nas comunidades de Mão Torta e Içara, no município de Diamantina.

Com base nesta primeira experiência comercial, a CEMIG está instalando, no âmbito do Programa Luz para Todos, 7000 (sete mil) sistemas fotovoltaicos em regiões não-eletrificadas no Estado de Minas Gerais. Com este conceito de pré-eletrificação das áreas distantes da rede elétrica, os consumidores, em sua maioria pequenos produtores rurais, encontrarão uma solução rápida e econômica.

Na área de aquecimento de água para edifícios, moradias, lojas comerciais, hotéis e hospitais, vários estudos foram realizados, e a CEMIG lançou publicações dirigidas aos consumidores.

Energia solar térmica

Outra iniciativa da empresa refere-se às pesquisas e experimentações relativas ao uso de energia solar térmica para a produção de energia elétrica por meio de termelétricas solares, utilizando concentradores cilíndrico-parabólicos, e para o aquecimento de água, utilizando coletores solares planos.

FIGURA 8 - Concentradores cilíndrico-parabólicos

Fonte: <<http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp>>

Encontra-se em fase de implantação a primeira termelétrica solar do Brasil, de 10 kW, projeto experimental para estudar a viabilidade dessa tecnologia para eventual implementação de um programa sistematizado no Estado de Minas Gerais.

Nos sistemas a coletores planos, a água aquecida fica armazenada em um reservatório isolado durante todo o dia. Quando o sol não é suficiente para aquecê-la na temperatura ideal ou ocorre consumo excessivo da água quente, um sistema elétrico auxiliar é acionado automaticamente para complementar o aquecimento.

O sistema de aquecimento solar, desde que instalado corretamente, pode economizar até 80% da energia elétrica consumida para banho. Essa proporção, entretanto, depende do correto dimensionamento do equipamento para atender ao nível de conforto pretendido pelos usuários. Se, por exemplo, a água quente é utilizada em uma residência em várias torneiras e as duchas são usadas com grande volume de água, o equipamento adquirido precisa ser capaz de corresponder a essa demanda. Caso contrário, o acréscimo do consumo será atendido por energia elétrica, e não será alcançada tamanha economia.

Estudos realizados pela CEMIG indicam que a maioria das falhas deve-se a erros no projeto hidráulico de distribuição de água quente (56%). Projetos arquitetônicos inadequados respondem pelo mau funcionamento de 33% dos sistemas de aquecimento solar e erros no próprio sistema, como a instalação errada ou placas de má qualidade, respondem por apenas 11% das falhas. Contudo, quando bem instalado, o sistema de aquecimento solar é realmente muito eficiente.

Algumas evidências de que a energia solar térmica pode ser a melhor solução para o banho quente do brasileiro sem sobrecarregar o sistema elétrico convencional estão surgindo com o Projeto Cemig Solar, que promoveu a instalação de seis mil metros quadrados

de placa para a implantação de sistemas de aquecimento solar de água em prédios de Belo Horizonte e outras cidades-pólo no triênio 1999/2000/2001.

d) Energia termelétrica

A CEMIG possui uma usina termelétrica movida a óleo combustível, denominada “Igarapé”, com uma potência instalada de 132 MW. Situada em Juatuba, na Região Metropolitana de Belo Horizonte-MG, é de grande importância para o sistema elétrico da região, principalmente no chamado “horário de ponta”, entre 18h e 20h, quando há maior consumo de energia.

FIGURA 9 - Usina termelétrica



Fonte: <<http://www.imagens.com.br>>

A CEMIG também explora gás natural.

A Companhia de Gás de Minas Gerais (GASMIG), controlada pela CEMIG, fornece, em média, aproximadamente 4,2 milhões de metros cúbicos/dia de gás de refinaria e natural para indústrias localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte e nos distritos industriais de Juiz de Fora.

A entrada de Minas Gerais na era do gás combustível representa novo patamar no ciclo de industrialização do Estado. A vinda do gás natural para Minas também já é uma realidade. A Petrobras concluiu a implantação de um gasoduto que colocará o gás natural da plataforma de Campos para atender a uma grande parte do Estado. Estima-se que o volume a ser distribuído atingirá 9,6 milhões de metros cúbicos em 2010.

Gaseificação de carvão

Acionar sistemas de irrigação e gerar eletricidade em regiões distantes da rede elétrica convencional, essas foram as experiências de possíveis aplicações da energia gerada por meio da tecnologia de gaseificadores a carvão acoplados a motores de combustão interna. Os sistemas para irrigação funcionaram satisfatoriamente, por exemplo, na Embrapa, em Sete Lagoas, e na Itambé, em Mato Dentro.

O maior projeto de geração de energia elétrica nessa linha foi desenvolvido na cidade de Formoso, Minas Gerais, utilizando gaseificação de carvão para acionamento de um motor a diesel (operando no sistema dual – queima de 80% de gás de carvão e 20% de óleo diesel). O equipamento funcionou por cerca de cinco anos, operando em média 3 horas/dia. Hoje, está desativado.

FIGURA 10 - Gaseificador de carvão – Usina de Formoso



Fonte: <<http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp>>

FIGURA 11 - Gaseificador de biomassa – UNIFEI (Itajubá)

Fonte: <<http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp>>

Óleos vegetais

A CEMIG desenvolveu também algumas experiências com a utilização de óleos vegetais em motores de combustão interna (Elsbelth e diesel convencional), para acionamento de sistemas de irrigação. Óleos de mamona, algodão e soja foram utilizados para acionar sistemas de irrigação por aspersão em Montes Claros. Já em Paracatu, o óleo de mamona com aditivo Schur e álcool foram utilizados para fazer funcionar o sistema de irrigação por pivô acoplado a uma bomba de 250 cv.

FIGURA 12 - Sistema de irrigação com pivô acoplado a bomba

Fonte: <<http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp>>

Microdestilarias e biodigestores

A CEMIG já iniciou também pesquisas no uso de biodigestores para a produção de gás metano. Para isso, acompanhou e avaliou um projeto de microdestilaria a álcool desenvolvido pela cooperativa de Bom Despacho.

FIGURA 13 - Microdestilaria de álcool



Fonte: <<http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp>>

e) Energia de biomassa

Entre os diversos projetos e estudos, o que trata da biomassa é um dos destaques. Indicada para áreas que não demandam grande volume de energia, essa forma alternativa de energia renovável lança mão das tecnologias de gaseificação de carvão, madeira e resíduos de biomassa, bem como da utilização do gás em motores de combustão interna. Viabiliza-se com mais facilidade em locais onde há disponibilidade desses resíduos e restrições ao fornecimento elétrico convencional. Encontram-se em desenvolvimento as tecnologias de gaseificação de madeira e utilização do gás em microturbinas, motor Stirling e caldeiras de baixa pressão, entre outras.

FIGURA 14 - Microturbina_Capstone – UNIFEI (Itajubá)

Fonte: <<http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp>>

A CEMIG também realizou estudos para avaliar as possibilidades de co-geração do setor sucroalcooleiro, que possui significativo potencial de produção de energia elétrica caso sejam mais bem aproveitados os excedentes de bagaço-de-cana e o calor rejeitado nos processos de produção do álcool e do açúcar, dependendo do nível de investimento dos interessados.

No campo da biomassa, a CEMIG também desenvolve atividades envolvendo a gaseificação de carvão, óleos vegetais, biodigestores e microdestilarias.

FIGURA 15 - Biomassa (esquerda) e Gaseificador de biomassa (direita)

Fonte: <[HTTP://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp](http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp)>

f) Outras fontes de energia

A CEMIG busca acompanhar permanentemente a evolução tecnológica de outras fontes de energia, principalmente as renováveis, a exemplo da hidroeletricidade, e mesmo aquelas que, no curto e no médio prazo, não tenham previsão de utilização pela empresa, seja pelos custos envolvidos ou pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico em que se encontram. Dessa forma, fontes alternativas de energia, como geotérmica, maremotriz e nuclear, além de tecnologias como supercondutividade e células a combustível, têm merecido atenção.

A empresa também pesquisa e desenvolve estudos nas áreas de PCHs, PCT e grupos motores geradores de pequeno porte, dentre outras formas de conversão das fontes alternativas de energia.

FIGURA 16 -Célula Combustível – CEMIG



Fonte: <<http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp>>

FIGURA 17 - Gerador Elétrico da Usina Luiz Dias (PCH)

Fonte: <<http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp>>

FIGURA 18 - Grupo motor gerador diesel

Fonte: <<http://www.cemig.com.br/ing/alternative.asp>>

Em face da grande extensão geográfica do Estado de Minas Gerais, a diversificação das fontes energéticas é inevitável em algumas zonas da área de concessão da CEMIG. Dessa forma, a empresa investe continuamente em projetos de pesquisa e desenvolvimento pautados nas fontes energéticas alternativas para a geração local e uso racional da energia.

O termo “*alternativas energéticas*” refere-se aos processos de conversão de energia utilizados como alternativa ou complemento ao parque gerador convencional, composto de hidrelétricas e termelétricas a combustíveis fósseis ou nucleares de grande porte.

Vale ressaltar, entretanto, que nem todos os aproveitamentos são completamente competitivos, viáveis ou podem ser considerados de forma generalizada. A utilização de determinada alternativa energética depende da conjugação de diversos fatores, tais como disponibilidade da fonte de energia em condições que possam viabilizar tecnicamente o

aproveitamento, aspectos tecnológicos e ambientais, análises de custo e benefício, e questões de caráter estratégico.

6.2.2 Companhia Açucareira Vale do Rosário

FIGURA 19 - Imagens da Companhia Vale do Rosário



Fonte: <<http://www.valedorosario.com.br>>

A Companhia Açucareira Vale do Rosário está entre as maiores unidades produtoras de açúcar, álcool e energia do Brasil localiza-se no norte do Estado de São Paulo, na Fazenda da Invernada, município de Morro Agudo-SP. Possui uma área plantada de, aproximadamente, 80.000 ha., sendo administrada por sua empresa Nova Aliança Agrícola e Comercial Ltda., com sede em São Joaquim da Barra-SP. A empresa tem como principais produtos: cana-de-açúcar, álcool, açúcar, energia, bagaço-de-cana e ração animal.

FIGURA 20 - Localização da Companhia Vale do Rosário

Fonte: <<http://www.valedorosario.com.br>>

A Companhia Açucareira Vale do Rosário foi fundada, em março de 1964, por um grupo de fazendeiros da região. Tinha por objetivo substituir a cultura do café, em decadência, por outra cultura, permanente ou semipermanente, que desse estabilidade econômica à região. Visava, exclusivamente, à industrialização da cana-de-açúcar no regime de fornecedores, sem alterar a feição fundiária regional com compra de terras.

FIGURA 21 - Vista aérea da Companhia Vale do Rosário

Fonte: <<http://www.valedorosario.com.br>>

O capital da sociedade foi integralizado com recursos próprios dos acionistas, sem participação de financiamento oficial de qualquer espécie. O seu modelo de uma fábrica no campo, sem vila operária e outras dependências, foi largamente adotado pelas destilarias nascidas do Proálcool. Com as pressões sofridas no mercado de cana, a Vale do Rosário fundou a Nova Aliança Agrícola e Comercial Ltda., tendo por objetivo dar suporte técnico aos fornecedores e ampliar e garantir o fornecimento de cana-de-açúcar, adequando ao aumento da capacidade industrial da empresa.

a) Projeto de créditos de carbono

A Companhia Açucareira Vale do Rosário foi a primeira usina do mundo a receber o Certificado de Créditos de Carbono, pelo qual os compradores de créditos atestam que a empresa segue os procedimentos definidos no *Protocolo de Quioto* no que diz respeito à produção de energia limpa e renovável, como a geração de energia elétrica a partir do bagaço. O certificado foi expedido pela empresa alemã *TUV Süddeutschland*, uma das poucas certificadoras internacionais credenciadas para validar créditos de carbono.

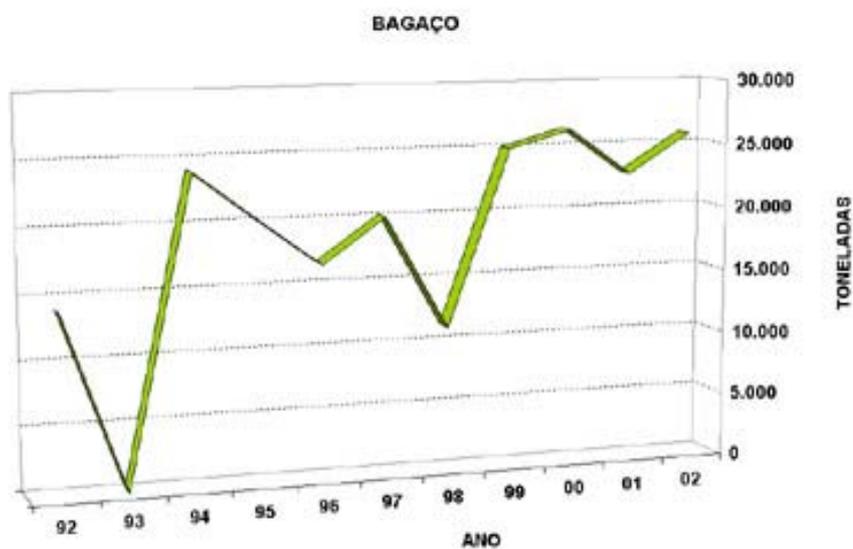
Esse certificado é um dos últimos passos desenvolvido pela *Econergy do Brasil*, que, por meio de estudos e documentação, comprovam que no período de sete anos (2001-2007) o sistema de geração de energia elétrica a partir do bagaço de cana-de-açúcar adotado pela Vale do Rosário evitará a emissão equivalente a cerca de 645 mil toneladas de CO₂, fazendo jus ao crédito de carbono. Assim, mais uma vez o setor açucareiro contribui para a melhoria da qualidade do meio ambiente. A Figura 22 é uma cópia do Certificado de Registro de Crédito de Carbono da Companhia Açucareira Vale do Rosário.

FIGURA 22 - Certificado de Registro de Crédito de Carbono da Companhia Vale do Rosário



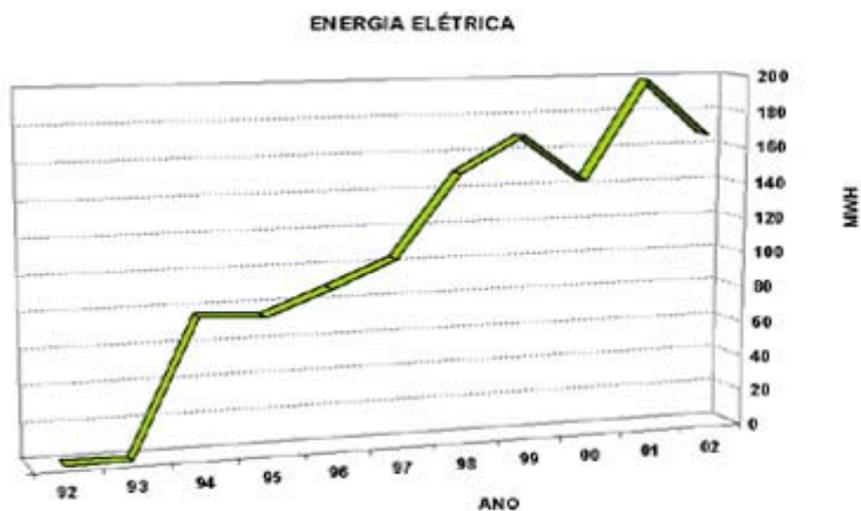
O Gráfico 6 mostra a evolução do aproveitamento do bagaço-de-cana (fonte de energia renovável) na produção de energia elétrica, cujo crescimento é demonstrado no Gráfico 7, no período de 10 anos: 1992 a 2002, mediante o amadurecimento do processo de geração.

GRÁFICO 6 - Produção de bagaço-de-cana – Companhia Vale do Rosário



Fonte: <<http://www.valedorosario.com.br>>

GRÁFICO 7 - Produção de energia elétrica pelo uso de biomassa– Companhia Vale do Rosário



Fonte: <<http://www.valedorosario.com.br>>

7 DISCUSSÃO

A demora da humanidade em ampliar o uso das fontes de energia renovável deve-se a vários fatores, a começar pela constatação de que as emissões de CO₂, a partir da queima de combustíveis fósseis, resultariam no aquecimento da Terra, por meio do efeito estufa, conforme sugerido por Svente Arrhenius (1896) há mais de 100 anos. Essa grave denúncia permaneceu como um assunto acadêmico-industrial por mais de cinquenta anos, até que o ritmo de mudança desse quadro começou a acelerar, conforme explica Goldemberg¹⁰⁷. Nos últimos cinquenta anos, a revolução científica e tecnológica vem disponibilizando soluções para o aceleração da exploração dessas fontes naturais de energia limpa em substituição às fontes poluentes.

Naturalmente, em todo o mundo, fatores políticos e econômicos têm dificultado uma expansão necessariamente mais agressiva do uso das fontes de energia renovável. A resistência dos Estados Unidos da América ao *Protocolo de Quioto* é prova concreta desta realidade. No Brasil, observa-se o reflexo dessas interferências internacionais, mas, também, a predominância de uma postura política acomodada e capciosa, pois submetida aos ditames de um mercado preso à filosofia da economia global, que prioriza o lucro em detrimento do desenvolvimento sustentável. Tal postura põe em risco o próprio desenvolvimento econômico do País, o mais rico do mundo em potencial energético natural.

O trabalho de pesquisa de tecnologias para a exploração das fontes de energia renovável intensificado pelo MME ainda no Governo da Revolução põe em dúvida a seriedade e a competência dos governos posteriores, que, pelo que se constatou, negligenciaram tão importante matéria, relegando-a ao segundo plano, quando deveria ter sido priorizada de forma a trazer dividendos econômicos para o Brasil. A queda de investimento na educação superior e de pós-graduação, verificada nos governos de Fernando Collor, Itamar Franco e Fernando Henrique Cardoso resultou na desvalorização da pesquisa científica, contribuindo, também, para atrasar e até inibir o desenvolvimento de tecnologias nacionais na área. O governo Lula, seguidor da mesma filosofia política pautada na priorização de interesses econômicos particulares, vem contribuindo para a absurda e inaceitável displicência em relação a essa questão, de indiscutível e absoluta prioridade, uma vez que une a defesa de

¹⁰⁷ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

um dos mais ricos patrimônios ambientais do mundo a significativos interesses de ordem econômica, que podem assegurar o pleno desenvolvimento sócioeconômico do País.

A pesquisa realizada na Companhia Energética de Minas Gerais, assim como na Companhia Açucareira Vale do Rosário, a despeito de constituir uma amostra muito pequena no contexto do cenário energético brasileiro, mostrou o empenho das empresas brasileiras em investirem na exploração das alternativas energéticas. Nota-se também seu empenho em divulgar as fontes alternativas de energia renovável para a população, em trabalho paralelo de conscientização pública. Porém, considerando o porte da empresa e sua força política no âmbito do setor elétrico, há que se esperar uma impulsão mais agressiva na defesa da utilização generalizada das alternativas energéticas, como forma de preservação ambiental e de progresso econômico.

Observou-se um investimento mais crescente da referida empresa na produção de energia elétrica movida a gás natural. Para Goldemberg¹⁰⁸, deve-se priorizar a mudança dos combustíveis muito poluentes, como o carvão, para combustíveis mais limpos, como o gás natural. Aumentar a eficiência com que a energia é usada ou promover simplesmente a eficiência energética ou a conservação da energia é uma estratégia usualmente chamada de “vencer ou vencer”, porque é justificada por outras bases além da proteção ambiental, pois é, em geral, econômica em termos de retorno de investimento, além de diminuir a poluição.

Para o autor, um progresso enorme tem sido feito, utilizando-se métodos técnicos no aumento da eficiência energética em muitas áreas da indústria e do setor de transporte, bem como na produção de eletricidade nos países industrializados. A otimização de custos é o lema da indústria, pois a eficiência energética é um componente da eficiência econômica, mas raramente é o componente dominante.¹⁰⁹

Na pesquisa de campo, ficou comprovado que as tecnologias térmicas de combustíveis fósseis em ciclos térmicos estão se tornando amplamente disponíveis. Isso porque, segundo Goldemberg¹¹⁰, novos desenvolvimentos em tecnologia estão direcionados para as usinas com maior eficiência, oferecendo custos unitários reduzidos de geração, além de reduzir as emissões de gases. Pôde-se verificar que instalações de TGCC são muito populares atualmente, não apenas porque elas usam gás natural, que é mais limpo do que o

¹⁰⁸ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.135.

¹⁰⁹ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.136.

¹¹⁰ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.137.

carvão, mas também porque elas produzem menos CO₂ para a mesma quantidade de eletricidade produzida.

Quanto à energia de biomassa, os sistemas atuais utilizam, com frequência, as caldeiras de baixa pressão, cuja eficiência é usualmente menor do que 10%. Pequenas melhorias utilizando-se turbinas a vapor por extração-condensação e temperaturas mais altas podem aumentar a eficiência em até 20%. Tecnologias avançadas têm sido propostas para converter biomassa sólida em um gás de baixo BTU mediante a gaseificação e o uso desse gás para mover uma turbina a gás, podendo esperar eficiências acima de 40% de um sistema turbina a gás/gaseificador integrado à biomassa (BIG/GT). O mérito desse sistema está na habilidade em fornecer alta eficiência em pequenas unidades de geração em um intervalo conveniente para o uso econômico da biomassa (20-100 MW). Essa tecnologia ainda está em desenvolvimento, mas tanto a CEMIG quanto a Companhia Vale do Rosário vêm utilizando o sistema gás/gaseificador integrado à biomassa.¹¹¹

No caso da energia eólica, o grande problema tem sido os custos com a eletricidade gerada, que, a despeito de ainda encarecerem o sistema, caíram significativamente em boa parte, na última década como resultado de aprendizado organizacional. Os fabricantes do setor aprenderam como explorar as economias de produção em massa de turbinas de vento padronizadas e, como medida para explorar mais eficazmente as fontes de ventos locais, melhoraram as “técnicas de *micrositing*” para extrair mais energia do vento com a mesma tecnologia. Espera-se que as melhorias técnicas adicionais reduzam o custo da eletricidade eólica a menos de quatro centavos ou menos de dólar por 1kW ao longo da próxima década.¹¹²

No campo da energia solar, segundo Goldemberg¹¹³, os projetos existentes são marginalmente competitivos, e uma pesquisa e desenvolvimento continuada (em especial nas máquinas térmicas para gerar eletricidade com melhoria nos custos e confiabilidades nos sistemas de orientação dos coletores solares), juntamente com economias de escala, está melhorando a competitividade dessa tecnologia. A produção anual de módulos de energia fotovoltaica situa-se, atualmente, em torno de 60MW. Entretanto, mesmo hoje em dia, a

¹¹¹ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.139.

¹¹² GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, 141-142.

¹¹³ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.143.

energia fotovoltaica ainda não é econômica, exceto para aplicações descentralizadas em pequena escala, conforme tem sido utilizada pela CEMIG.

É inegável que a aceleração do desenvolvimento de novas tecnologias é particularmente relevante para a adoção generalizada de fontes de energia renováveis, que podem ter um papel muito importante para resolver os problemas ambientais que originaram o *Protocolo de Quioto*. A “penetração de mercado”, que vem favorecer o atual contexto energético mundial, é resultado de uma combinação complexa da conveniência do uso e da economia que ele representa. Segundo Goldemberg¹¹⁴, a utilização das fontes de energia primária, que vem ocorrendo desde 1860, pode ter sua quota aumentada de 3% no uso da energia comercial primária em 1985 (principalmente as hidroelétricas) para uma fração mais significativa no ano de 2025, reduzindo, assim, as emissões de CO₂ e de outros poluentes provocadas pelo queima de combustíveis fósseis. Porém, existem barreiras para o aumento desta utilização. Explanando sobre tais barreiras, assevera o pesquisador:

A evidência histórica demonstra a existência atual de uma diferença abrupta entre as tecnologias disponíveis com custo mais efetivo para a redução da poluição e as tecnologias utilizadas na prática. Há também uma diferença substancial entre o que as usinas e equipamentos existentes devem ser capazes de atingir, em termos de eficiência, e o que de fato é alcançado.¹¹⁵

Sobre as políticas capazes de superar tais barreiras e facilitar a penetração das tecnologias de baixa emissão de gases, Goldemberg¹¹⁶ cita os instrumentos de incentivo:

- a) *Programas de permissão para emitir* – que fornecem um método descentralizado de converter uma meta para as emissões globais de um poluente em planos de redução para as fontes individuais do poluente;
- b) *Acordos negociados com a indústria* – que são altamente favorecidos na União Européia;
- c) *Padrões e etiquetas* – que são de uso generalizado nos países industrializados, mas ainda não nos países em desenvolvimento;
- d) *Programas de P&D* – subsidiados pelo governo ou pela indústria, que são muito comuns nos EUA;

¹¹⁴ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, 196-198.

¹¹⁵ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.200.

¹¹⁶ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.201.

- e) *Incentivos* – tais como dispositivos para depreciação acelerada dos fornecimentos e contas dos consumidores, a serem reduzidas para refletir a economia e a conservação de energia.

A mistura otimizada dos programas de ação vai depender, em última análise, do contexto institucional dos países, de suas atividades específicas e da aceitação política. Tudo isso vai variar entre os setores econômicos e, também, ao longo do tempo, analisa Goldemberg¹¹⁷. O autor considera que será prioridade nos estágios iniciais a remoção das barreiras à implementação das melhores tecnologias disponíveis – em razão dos investimentos existentes em matérias-primas, processos e produtos alternativos, em interesses particulares –, à inércia institucional e à falta de informação e de consciência.

Contudo, alerta Goldemberg¹¹⁸, é improvável qualquer mudança significativa nos padrões técnicos e de consumo e na ausência de controle de preço, sejam eles obtidos por impostos, incentivos ou permissões negociáveis para emitir. Essa mudança vai depender, finalmente, da continuidade da política (incluindo a confiança na sua estabilidade de longo prazo), da prevenção de aproveitadores, do caráter progressivo de sua implementação e das formas como os rendimentos gerados pelo controle de preço forem reciclados na economia.

O jornal *Gazeta Mercantil*, a esse respeito, informou em 25.10.04, em matéria sobre a segunda chamada do PROINFA:

Expectativa é que projetos de biomassa não habilitados na 1ª fase sejam contratados agora. O coordenador-geral de energias renováveis do Ministério de Minas e Energia (MME), Carlos Henrique Carvalho, afirma que a expectativa do ministério é conseguir completar os 782,59 MW que faltaram nos projetos de cogeração por biomassa na primeira chamada do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) até o próximo dia 19, quando será encerrado o prazo para a segunda chamada feita especificamente para biomassa. **A alegação de agentes do mercado, principalmente do setor canavieiro, é que o valor definido pelo MME para a energia de cogeração por bagaço de cana (R\$ 93,77 por MWh) não é atrativo** e, por isto, este segmento foi o único entre as três fontes contempladas no Proinfa (biomassa, eólica e pequena central hidrelétrica), que não conseguiu atingir o limite de 1,1 mil MW em contratos de 20 anos com 70% da receita anual garantida e uma linha de financiamento pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) definidos no programa.¹¹⁹ (original sem grifos)

¹¹⁷ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.203.

¹¹⁸ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.203.

¹¹⁹ CARVALHO, Carlos Henrique. MME espera preencher 2ª chamada. *Gazeta Mercantil*, São Paulo, 25 ou. 2004. Disponível em: <http://www.cogensp.com.br/det_noticia.asp?id_noticia=632>. Acesso em: 20 nov. 2004.

Segundo matéria publicada por Sílvio Mauro no jornal *O Povo*, do Ceará, o valor baixo ofertado pelo PROINFA para o megawatt/hora de energia eólica é um dos principais problemas para a expansão de sua produção, uma opinião comungada por dois entrevistados:

Para o secretário da Infra-estrutura do Ceará, Luís Eduardo Barbosa, **o valor máximo fixado para a tarifa a ser pago pelo Megawatt/hora (MW/h), de R\$ 204,35, ficou aquém do que os investidores esperavam e pode inibir alguns empreendimentos.**

O empresário Armando Almeida Ferreira, presidente da CGE (empresa que possui nove usinas termelétricas no Estado), afirma que com o preço do MW/h estipulado pelo Governo para as usinas eólicas, só projetos onde haja mais de 50% de aproveitamento dos ventos serão viáveis. "Os investimentos são muito altos e a tarifa pode não compensar em alguns casos", explica. Outro profissional do setor, o engenheiro elétrico Armando Abreu, também não poupa críticas ao Proinfa.¹²⁰ (grifei)

Considerando todos os fatores complicadores de uma expansão generalizada da produção e consumo das energias renováveis, de ordem tanto econômica quanto política e tecnológica, há que se endossar o parecer de Goldemberg¹²¹ de que, sob muitos pontos de vista, ela não vai acontecer facilmente, devido à falta de competitividade com as fontes convencionais de energia. Uma maneira de resolver este problema seria pela introdução de “externalidades” no custo das fontes convencionais, que favoreceriam a adoção das fontes renováveis. Embora facilmente justificável, os governos não parecem muito inclinados a fazer isto atualmente. Uma alternativa seria acelerar o desenvolvimento e a adoção das fontes renováveis, por meio de subsídios que sejam reduzidos à medida que se avança nas “curvas de aprendizagem” para tais tecnologias.

No contexto amplo do desenvolvimento sustentável, não se pode afirmar que o aumento do uso das energias renováveis vai resolver os problemas ambientais nas próximas décadas, pois é possível constatar que todas as fontes de energia ainda são altamente necessárias nos países industrializados. Porém, isso representa a alternativa ideal para os países do Terceiro Mundo, por favorecer um equilíbrio entre a paralisia e o desenvolvimento econômico, de forma a promover o crescimento, minimizando, de forma gradativa, mas, segura, os graves problemas ambientais que afetam o planeta Terra, conforme estabelecido pelo *Protocolo de Quioto*.

¹²⁰ MAURO, Sílvio. Proinfa pode desestimular investimento em energia. *O povo*, Fortaleza, 20 abr. 2004. Disponível em: <<http://www.noolhar.com/opovo/economian/359810.html>>. Acesso em: 20 nov. 2004.

¹²¹ GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001, p.216.

8 CONCLUSÃO

Sou um selvagem e não compreendo qualquer outra forma de agir. Vi um milhar de búfalos apodrecendo na planície, abandonados pelo homem branco que os alvejou de um trem ao passar. Eu sou um selvagem e não compreendo como é que o fumegante cavalo de ferro pode ser mais importante que o búfalo, que sacrificamos semente para permanecermos vivos.

O que é o homem sem os animais? Se todos os animais se fossem, o homem morreria de uma grande solidão de espírito. Pois o que ocorre com os animais, breve acontece com o homem. Há uma ligação em tudo.

CHEFE SEATTLE (1854)

Chega-se ao final deste estudo científico, cujo objetivo foi comprovar a necessidade de uma presença mais expressiva das fontes alternativas de energia renovável na matriz energética brasileira, visando à preservação do meio ambiente, para atendimento ao imperativo do *Protocolo de Quioto*. Conclui-se, de forma generalizada, que a incompatibilidade inerente à relação entre o crescimento e desenvolvimento econômico e a preservação do meio ambiente gera um conflito potencial básico de grandes proporções e múltiplas faces, portanto, inegavelmente, de solução definitiva impossível. Porém, conclui-se também que essa questão pode ser contornável, considerando a possibilidade de uma redução sistemática e significativa dos danos irreparáveis e irreversíveis causados pela agressão ao meio ambiente em nome do desenvolvimento econômico.

Não obstante as perspectivas de que a fonte principal de geração de energia elétrica no Brasil continuará sendo a hidráulica, cada vez mais as empresas têm investido em pesquisas sobre energias alternativas. Iniciativas assim demonstram que, apesar da ausência de incentivos governamentais, é possível alcançar o desenvolvimento sustentável, cuja evolução e êxito seriam, certamente, acelerados caso houvesse mais empenho por parte do Poder Público.

No Brasil, a proteção ao Meio Ambiente tem *status* constitucional e é assegurada em diversos diplomas infraconstitucionais. Entretanto, há muito que fazer para que os preceitos legais se tornem realidade, como a implementação de políticas capazes de redirecionar as escolhas tecnológicas e os investimentos no setor. De outro lado, importantes alterações estruturais vêm revolucionando os sistemas operacionais e os mercados de energia, tais como a quebra de monopólios estatais, a abertura do setor para investidores privados e

uma maior integração de sistemas de produção e distribuição, de forma a aumentar a flexibilidade de suprimento, a diversificação e a regulamentação e fiscalização voltadas aos interesses dos consumidores.

A formulação de uma política energética para o Brasil pautada em objetivos múltiplos devidamente hierarquizados será, provavelmente, condição *sine qua non* para a valorização de novas potencialidades. Nesse contexto, situam-se as fontes renováveis de energia constituídas pela energia solar, eólica, geotérmica, de biomassa, dos oceanos e hidráulica (PCH). Conclui-se, porém, que até mesmo a exploração das fontes renováveis de energia provoca um desequilíbrio local, podendo ter concentrações de efeitos indesejáveis próximos da unidade de transformação. Sendo assim, não basta utilizar recursos renováveis na geração de energia para assegurar a preservação do meio ambiente; é necessário que sua escala seja assimilável pela capacidade ambiental local, nos seus diferentes aspectos.

Constatado ficou também que não é suficiente promover a eficiência energética nos países em desenvolvimento, já que o crescimento do consumo de energia é inevitável. Neste caso, primordial se faz a incorporação de tecnologias eficientes e modernas no processo de desenvolvimento, para o que se faz necessário adotar subsídios, por meio de políticas de Estado, para acelerar o desenvolvimento das fontes alternativas.

Conclui-se que esta foi a opção adotada pelo Brasil com a criação do PROINFA, programa de incentivo plenamente ajustado ao atual contexto mercadológico mundial, pela Lei n. 10.438, de 26 de abril de 2002, que também criou o CDE, que dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, promovendo a descentralização do setor elétrico. Na análise da Lei n. 10.438/02 e do Decreto n. 4.541/02, saltam algumas imprecisões comprometedoras da execução do PROINFA, referentes à garantia de compra de eletricidade, à definição da atuação dos agentes (MME, ANEEL e ELETROBRÁS), e à forma de fixação do preço da energia. Tal comprometimento fica comprovado logo na primeira chamada do PROINFA, realizada em maio de 2004, quando explodiu uma repercussão de críticas ao programa no que se refere à burocracia no procedimento de inscrição e aos valores econômicos estabelecidos pelo Governo Federal.

Sem dúvida, o novo modelo institucional do setor elétrico brasileiro, plenamente ajustado ao contexto da nova ordem do Direito Ambiental Internacional, pode ser considerado eficiente por contemplar tanto a competição no atacado como a competição no varejo. Porém, maior estímulo foi dado à competição no atacado pela atuação dos operadores do sistema, o que deu origem a duas instituições privadas reguladas pela ANEEL: a CCEE e a ONS. Conclusão importante neste contexto mercadológico é a importância da separação das

funções, com a otimização dos respectivos procedimentos, inclusive das interações entre as funções dos órgãos reguladores, que passa a ser absolutamente essencial em um mercado que impõe a convivência entre consumidores livres, incentivados e cativos, e que não oferece incentivos de mercado para a cooperação entre as, agora, majoritárias empresas concessionárias privadas, produtores independentes e comercializadores, além das tentadoras práticas de cartel.

Sobre a orientação do MDL oferecer opções complementares para a redução de emissões dos gases de efeito estufa, tornando disponível a comercialização dos CREs, nota-se que tal alternativa compromete a garantia de que a participação em um projeto no MDL estará direcionada à efetiva redução das emissões, representando benefícios reais e mensuráveis no longo prazo, e relacionados à mitigação da mudança do clima. Há que se ratificar, portanto, a validade da crítica contundente ao uso dos mecanismos de flexibilização do *Protocolo de Quioto* feita pelo *Greenpace*, concluindo que os projetos relacionados com sorvedores de carbono, energia nuclear, grandes represas e “carbono limpo” não atendem aos requisitos necessários para obter créditos de emissão.

A despeito disso, não há como negar que tal mecanismo pode representar um fator de impulsão do aproveitamento de fontes alternativas de energia no Brasil. Isso porque, ainda que alguns escopos do MDL sejam objeto de discussões, a eficiência energética e o aproveitamento de fontes alternativas de energia estão entre os escopos que representam consenso nacional. Prova disso é a contemplação de programas e projetos indicados à certificação voltados para a cogeração de energia a partir do bagaço da cana, da geração de energia elétrica a partir das fontes eólicas e de biomassa, da produção de álcool, do reflorestamento, da conservação de energia nos diferentes setores de atividade econômica etc.

Quanto à comercialização dos CERs, conclui-se que ela reflete o conflito gerado pela incompatibilidade inerente à relação “crescimento e desenvolvimento econômico *versus* preservação do meio ambiente”, por promover a deturpação do princípio-mor do *Protocolo de Quioto*, ao revestir a proteção do meio ambiente de uma visão puramente econômica. Isso, sem dúvida, propiciaria o entendimento de que o objetivo da racionalidade energética, recuperação ambiental e do uso sustentado dos recursos naturais, além de estimular o avanço e a disseminação de boas práticas e tecnologias, é também tornar-se um importante vetor de crescimento e diversificação de negócios, induzindo à competitividade e ao melhor atendimento da responsabilidade social corporativa das empresas.

No atual contexto energético brasileiro, carente de otimização tecnológica da geração de energia pelas fontes renováveis, há que se reconhecer a importância do papel do

Estado e do mercado, porque o seu perfil não pode ser desvinculado das mudanças em curso na economia internacional e dos interesses que as determinam. Conclui-se, portanto, que o papel do Estado como promotor direto do desenvolvimento é de capital importância, já que o acesso a formas modernas de energia é componente essencial para o aumento da produtividade e para a criação de condições de vida aceitáveis, que deverão resultar da incorporação destes segmentos nos modernos processos de produção e consumo. Apesar de ter perdido a capacidade de intervir diretamente no mercado, transferindo a iniciativa de investimento ao setor privado, o Estado ainda tem poder de intervenção como órgão regulador.

Conclui-se, portanto, que a descentralização estatal deve ser vista sob a ótica solidária, de forma que cada cidadão e cada região busquem o bem comum. Nesse sentido, é evidente que a especialização e as singularidades ambientais não permitem que toda localidade seja auto-suficiente na produção de energia. Assim, a complementaridade se faz necessária para um desenvolvimento econômico sustentável, tornando certas regiões exploradoras e outras importadoras de energia.

No Brasil e em vários outros países, o setor energético passa por grandes transformações na sua estrutura de gerenciamento, nas decisões de novos investimentos e nas formas de a sociedade implementar mecanismos de controle e regulação. De uma forma geral, a grande preocupação de reformas tão profundas é garantir competitividade e eficiência econômica para o setor e maiores investimentos da iniciativa privada. Nos últimos tempos, o mercado de energia verde vem crescendo rapidamente. Entretanto, a energia renovável ainda enfrenta muitos desafios e obstáculos no caminho para a efetivação de seu potencial pleno.

No contexto amplo do desenvolvimento sustentável, não se pode afirmar que o aumento do uso das energias renováveis vai resolver os problemas ambientais nas próximas décadas. Porém, elas representam a alternativa ideal para os países do Terceiro Mundo, por favorecer um equilíbrio entre a paralisia e o desenvolvimento econômico, de forma a promover o crescimento, minimizando, de forma gradativa, mas segura, os graves problemas ambientais que afetam o planeta Terra, conforme estabelecido pelo *Protocolo de Quioto*, atualmente, o eixo sobre o qual se orientam as decisões internacionais ambientais.

A incompatibilidade inerente à relação “crescimento e desenvolvimento econômico *versus* preservação do meio ambiente” gera um conflito potencial básico de grandes proporções e múltiplas faces, portanto, inegavelmente, de solução definitiva impossível, porém, possivelmente contornável, considerando a possibilidade de uma redução sistemática e significativa dos danos irreparáveis e irreversíveis causados pela agressão ao meio ambiente em nome do desenvolvimento econômico.

Recomendação para estudos posteriores é de quais os meios que poderão tornar o Brasil mais eficiente, tanto na elaboração de leis e regulamentos, quanto na implementação de programas como o PROINFA, aproveitando as oportunidades do MDL, na esteira do objetivo mundial de redução dos GEE, e, ainda, reduzir a sua dependência do sistema hidrelétrico, mediante a inserção de fontes alternativas de energia elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Fernando. Aquecimento global. *O Globo*. Rio de Janeiro, 7 ago. 2000. Disponível em: <<http://www.cebds.com//asp/artview.asp?ID=2>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

ALTOMONTE, H.; COVIELLO, M.; LUTZ, W. L. Renewable energy and energy efficiency in Latin América and the Caribbean: constraints and prospects. *Recursos Naturals e Infraestrutura*. Santiago-Chile, CEPAL, out. 2003.

ALVES, João W. S. et Sônia M.M. Vieira. Inventário nacional de emissões e metano pelo manejo de resíduos: Enabling Brazil to fulfill its commitments to the United Nations Convention on Climate Change. Julho, 1998, *apud* LIMA, Felipe Palma; BERMANN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004.

ARREHNIUS, Svente. On the influence of carbonic. *In: Air upon the temperature in the ground. Philosophical Magazine*. n. 41, p.237, 1896.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GRANDE CONSUMIDORES INDUSTRIAIS DE ENERGIA – ABRACE. *Empresas investem em projetos para o Proinfa*. Disponível em: <<http://www.abrace.org.br/noticia.asp?IdClip=8229>>. Acesso em: 24 nov. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – especificação e diretrizes para uso*. Belo Horizonte: CEMIG-Sistema CENWEB, 2003.

BAJAY, Sérgio Valdir. Política energética, planejamento e regulação. *Cenários 2001 – Módulo I*. São Paulo: EFEI, USP, UNICAMP, 2001.

BAJAY, Sérgio Valdir; CARVALHO, E. B. Reestruturação do setor elétrico: motivações econômicas, financeiras e políticas. *In: Congresso Brasileiro de Energia, 7*. Rio de Janeiro, 1996. *Anais...* v.2. COPPE/UFRJ, p.1188-95.

BAJAY, Sérgio Valdir; WALTER, A.C. S. *Relatório Técnico da Fase 9: Levantamento de experiências no exterior sobre planejamento indicativo e sua relação com a regulação, no setor elétrico*. Projeto de pesquisa sobre “Setor elétrico: ferramentas e metas do planejamento indicativo e instrumentos regulatórios associados” (Meta 2). Convênio ANEEL/FUNCAMP sobre “Regulação de Mercados de Energia Elétrica”. Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético – NIPE, UNICAMP, 1999, 132p.

BARBOSA, Bia. A natureza contra-ataca. *Revista Veja*. São Paulo, ano 34, n. 15, ed. 1.696, p.93, 18 abr. 2001.

BELLUZZO, Luiz Gonzaga, *apud* SAUER, Ildo Luis; VIEIRA, José Paulo; MERCEDES, Sônia S. P. Políticas energéticas, planejamento e regulação em energia: evolução e os novos desafios. Jul/2000. *Cenários 2001 – Módulo I*. São Paulo: EFEI, USP, UNICAMP, p.296-319, 2001, p.315. (Apostila do Curso de Especialização sobre o Novo Ambiente Regulatório, Institucional e Organizacional dos Setores Elétrico e de Gás, promovido pela UNICAMP, UNIFEI e USP).

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização*. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/position-paper.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

BERMANN, Célio. *Energia no Brasil: para quê? Para quem? Crise e alternativas para um país sustentável*. São Paulo: Livraria da Física – FASE, 2002.

BLOCK, Marilyn R.; MARASH, I. Robert. *Integrating ISO 14001 into a quality management system*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ – Quality Press, 1999.

BOFF, Leonardo. *Ética da Vida*, Brasília: Letraviva, 1999, p. 34.

BONAVIDES, Paulo. *Curso de Direito Constitucional*. 6.ed. São Paulo: Malheiros, 1995.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia e Ministério das Relações Exteriores. *Protocolo de Quioto: a convenção sobre mudança de clima*. Brasília: C&T Brasil, 1998.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos*. Itajubá-MG: FUPAI, 2001.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Secretaria de Tecnologia. *Fontes alternativas de energia*. Brasília: MME, 1983.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Lei da vida: a lei dos crimes ambientais*. Brasília: Gráficos Charbel, 2000.

CAMPOS, Christiano Pires de Campos; MUYLAERT, Maria Sílvia. O MDL no Brasil. *Relatório de análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL – Relatório 2, Parte 2*. Rio de Janeiro: ANEEL/IVIG/MCT/UFRJ, 2000.

CARDOSO, Paulo Henrique. A um passo de um futuro mais limpo. *O Globo*. Rio de Janeiro, 6 dez. 2001. Disponível em: <<http://www.cebds.com//asp/artview.asp?ID=60>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

CARVALHO, Carlos Henrique. MME espera preencher 2ª chamada. *Gazeta Mercantil*, São Paulo, 25 ou. 2004. Disponível em: <http://www.cogensp.com.br/det_noticia.asp?id_noticia=632>. Acesso em: 20 nov. 2004.

CAVALCANTI, David F. *Legislação de conservação da natureza*. 2.ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza, 1978.

CHARTER, Martin; TISCHNER, Ursula (Eds.). *Sustainable solutions: developing products and services for the future*. Aizlewood's Mill: Greenleaf Publishing, 2001.

CHRISTOFARI, Vilson Daniel. Aspectos ambientais e estratégicos – segurança dos sistemas. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.184-197, abr. 2004.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso futuro comum*. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991, p.46.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. *Alternativas energéticas*. Belo Horizonte: Superintendência de Comunicação e Representação – Cemig, 2003.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS – CEMIG. *Alternativas Energéticas*. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br>>. Acesso em: 19 nov. 2004.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sobre o Protocolo de Quioto e os mecanismos de flexibilização*. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

DIAS, Danilo de Souza. Planejamento energético global. *Energia – Fontes Alternativas*. São Paulo, v. IX, n. 49/50, p.27-30, abr/dez. 1987.

ECONOMIC FORUM – ANUAL MEETING 2002, Davos – Switzerland. *Pilot environmental sustainability index: an initiative of the global leaders for tomorrow environment task force* World Economic Forum. Yale: Yale Center for Environment Law and Policy, 2000.

FARIA, José Eduardo (Org.) *Regulação, direito e democracia*. São Paulo: Fundação Percecu Abramo, 2002.

FARIAS, Paulo José Leite. *Competência federativa e proteção ambiental*. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris Editor, 1999.

FELISBERTO, Cláudia Rosana; SZKLO, Alexandre Salem. PROINFA e CDE: questionamentos sobre a legislação e regulamentação: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - CBPE, 2004, Itajubá - Minas Gerais. Anais do Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 2004.

GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro; UDAETA, Miguel Edgar Morales. Gás natural e energia elétrica referenciados ao Estado de São Paulo. 1998. *Cenários 2001 – Módulo I*. São Paulo: EFEI, USP, UNICAMP, 2001, p.16-48.

GOLDEMBERG, José. *Energia ambiente & desenvolvimento*. Trad. André Koch. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

GRAU NETO, Werner. Os aspectos jurídicos e os cuidados necessários para entrar no mercado de certificados de carbono. [s.l.]: Pinheiro Neto Advogados, 2003.

HILLARY, Ruth (Ed.). *ISO 14001: case studies and practical experiences*. Aizlewood's Mill: Greenleaf Publishing, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. *Lei nº 9.605, de Fevereiro de 1998*. Belo Horizonte: Gráfica do IBAMA, 1998.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Competition in electricity markets*. Paris: Draft Report, 1999. 119p.

KISS, Alexandre. Législation sanitaire et environnement: la legislation sanitaire à l'aube du XXI Siècle. *Recueil International de Législation Saitaire* 49/204, n. 1, 1998.

KREBS, Ruy Jornada. *Teoria dos sistemas ecológicos*. Santa Maria-RS: Universidade Federal de Santa Maria, 1998.

LIMA, Felipe Palma; BERMANN, Célio. *Política energética para as fontes de energia renovável*. São Paulo: USP, 2004.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental brasileiro*. 11.ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Malheiros, 2003.

MARQUES, Milton; HADDAD, Jamil; MARINS, André Ramon Silva (Org.). *Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos*. Cenários 2001 – ELETROBRÁS/PROCEL. Itajubá: Editora da EFEI, 2001.

MAURO, Sílvio. Proinfa pode desestimular investimento em energia. *O povo*, Fortaleza, 20 abr. 2004. Disponível em: <<http://www.noolhar.com/opovo/economian/359810.html>>. Acesso em: 20 nov. 2004.

MEIRA FILHO, Luiz Gylvan. *Participação do setor privado no MDL*. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS. Disponível em: <<http://www.cebds.com/mudancasclimaticas/participacao-setor-privado.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2004.

MILARÉ, Edis. *Direito do ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário*. 2.ed. ver. atual. e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001. 254p.

MINAS GERAIS, Governo do Estado. *Alternativas energéticas*. Belo Horizonte: CEMIG, 2003.

OLIVEIRA, Gizele de; GONZALES, Roberto. Investidores deixam para última hora envio de projetos para o Proinfa. *Canal Energia*. Seção Negócios. São Paulo, 05 mai. 2004.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. *Carta do chefe Seattle*. Trad. Irina O. Bunning. Belo Horizonte: CEMIG, 2003.

PEREIRA, Osvaldo Soliano; CARVALHO, Kleber; ALLATTA, Eduardo. Análise comparativa da regulação internacional referente às energias renováveis. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.160-183, abr. 2004.

PIERROBON NETO, Eugenio; KAWABE, Leo; PEREIRA, Marcos Tadeu. Gás natural: vantagens econômicas de sistemas confiáveis de medição de vazão. *Energia – Fontes Alternativas*. São Paulo, v. IX, n. 49/50, p.31-33, abr./dez. 1987.

PORTO, Laura. *Proinfa*: programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica. Brasília: MME – COPPE, 2004.

REIS, Lineu Belico dos; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*: introdução a uma visão multidisciplinar. São Paulo: Ed USP, 2000.

REIS, Lineu Belico dos *et al.* Geração de energia elétrica. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*: introdução a uma visão multidisciplinar. São Paulo: Ed USP, cap.2, p.43-127, 2000.

REIS, Lineu Belico; WALTER, Arnaldo César da Silva (Orgs.). Política energética, planejamento e regulação. *Cenários 2001 – Módulo I*. São Paulo: UNICAMP-EFEI-USP, 2001. (Curso de Especialização sobre o Novo Ambiente Regulatório, Institucional e Organizacional dos Setores Elétrico e Gás)

RESENDE, Ana Paula Vidigal. *Energia renovável*. Belo Horizonte: CEMIG, 2001.

ROUVERE, Emilio La; VALLE, Cláudia do. *Como um sistema de Certificados Negociáveis de Energia Renovável (CNER) pode contribuir para os objetivos da política energética no país*. Rio de Janeiro: Centro Clima-COPPE-UFRJ, 2004.

ROUVERE, Emilio La; VALLE, Cláudia do. *Interações entre Certificados Negociáveis de Energia Renovável (CNER) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo*. Rio de Janeiro: Centro Clima-COPPE-UFRJ, 2004.

SAGAN, Carl. *apud* BARBOSA, Bia. A natureza contra-ataca. *Revista Veja*. São Paulo, ano 34, n. 15, ed. 1.696, p.93, 18 abr. 2001) SANTOS, Afonso Henrique Moreira.

HADDAD, Jamil; MASSELI, Sandro. As fontes alternativas renováveis de energia e a sociedade: uma análise institucional. *Revista do Direito da Energia – IBDE*. São Paulo, a. 1, n. 001, p.137-159, abr. 2004.

SARKIS, Joseph. *Greener manufacturing and operations: from design to delivery and back*. Aizlewood's Mill: Greenleaf Publishing, 2001.

SAUER, Ildo Luis; VIEIRA, José Paulo; MERCEDES, Sônia S. P. Políticas energéticas, planejamento e regulação em energia: evolução e os novos desafios. Jul/2000. *Cenários 2001 – Módulo I*. São Paulo: EFEI, USP, UNICAMP, p.296-319, 2001.

SCHALTEGGER, Stefan; BURRIT, Roger. *Contemporary environmental accounting: issues, concepts and practice*. Aizlewood's Mill: Greenleaf Publishing, 2000.

SÉGUIN, Elida. *O Direito Ambiental: nossa casa planetária*. Rio de Janeiro: Forense, 2000.

SILVA, José Afonso da. *Curso de Direito Constitucional positivo*. 13. ed. São Paulo: Malheiros, 1997.

SILVEIRA, Semida; REIS, Lineu Belico dos; GALVÃO, Luiz Cláudio Ribeiro. A energia elétrica no âmbito do desenvolvimento sustentável. In: REIS, Lineu Belico dos.; SILVEIRA, Semida (Orgs.) *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução a uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Ed USP, 2000. cap.1, p.17-42.

SOUZA, Pablo Fernandez de Mello e. *Comercialização de certificados verdes (TREC's) entre NUON e uma PHC na Guatemala*. Rio de Janeiro: EcoSecurities, 2004.

SPETH, James Gustave. O que pode ser mudado imediatamente para melhorar nossas chances de um futuro ambiental melhor? *Revista Veja*, São Paulo, a. 37, n. 25, Ed. 1859, Editora Abril, p.106, 23 jun. 2004.

TEXTOS ACADÊMICOS: Aproveitamento da energia hidráulica para acionamento de roda d'água e carneiro hidráulico / Jacinto de Assunção Carvalho. Lavras: AFLA – Universidade Federal de Lavras/FAEPE, 1998.

TEXTOS ACADÊMICOS: Biogás / Vitor Hugo Teixeira. Lavras: AFLA – Universidade Federal de Lavras/FAEPE, 2001.

TEXTOS ACADÊMICOS: Energia solar / Carlos Alberto Alvarenga. Lavras: UFLA – Universidade Federal de Lavras/FAEPE, 2001

TEXTOS ACADÊMICOS: Gaseificação de carvão vegetal e/ou madeira para geração de energia em larga escala / Lourival Marin Mendes, José Reinaldo Moreira da Silva, Paulo Fernando Trugilho. Lavras: AFLA – Universidade Federal de Lavras/FAEPE, 2001.

VASSALO, Cláudia. Um jeito diferente de fazer negócios: ao usar a biodiversidade brasileira em seus produtos, criar complexas redes de parceiros e subverter parte dos dogmas gerenciais,

a natura se reinventa. *Exame*, Reportagem de capa. São Paulo, a. XXXVIII, ed. 787, p.32-40, 12 mar. 2003.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em Administração*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WILLIAMS, Silvia Maureen. *El riesgo ambiental y sua regulación*. Buenos Aires: Abeledo-Perrot, 1998.